



ТЕХНОЛОГІЯ-2025

МАТЕРІАЛИ

XXVIII міжнародної науково-технічної конференції

23 травня 2025 року

Київ

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

ТЕХНОЛОГІЯ-2025

МАТЕРІАЛИ

XXVIII міжнародної науково-технічної конференції

23 травня 2025 року

м. Київ



Київ, 2025

Технологія-2025: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 23 травня. 2025 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2025. – 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.: (050)9045549

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 № 10 від 30.05.2025 р.)

RUNOFF MANAGEMENT SYSTEMS WITH NEW PERSPECTIVES	
Blinova M.V., Kravchenko I.V.....	15
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ШВИДКОЇ МОДИ ТА БІОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ СТАЛОГО ТЕКСТИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Шустанова О.М., Кравченко І.В.....	16
ІЗОТЕРМІЧНИЙ ПЕРЕРІЗ ПРИ 950°C ПІДСИСТЕМИ HfNi – Ni – TiNi	
Кравчук В.Ф., Сторчак А.М., Самелюк А.В., Буланова М.В..	18
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСЧИВОСТІ І ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СПЛАВАХ СИСТЕМИ Al–Mg–Ge І ПОДВІЙНИХ ГРАНИЧНИХ ПІДСИСТЕМАХ	
Царюк Д.В., Носенко В.К., Носенко А.В., Кудін В.Г., Романова Л.О., Судавцова В.С.....	20
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСЧИВОСТІ РОЗПЛАВІВ І СПОЛУК СИСТЕМ Bi–Ln	
Шевчук В.А., Кудін В.Г., Романова Л.О., Подопрігора Н.В., Судавцова В.С.....	22
ЕКОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАТИКА: СИНЕРГІЯ ЗАДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО	
Середіна А.С., Біленко В.І.....	24
ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА: НОВИЙ ПОГЛЯД НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК	
Середіна А.С., Ткаченко І.В.....	26
FAST FASHION: THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT	
Shustanova O.M., Kravchenko I.V.....	28
ЕКОЦИД, ЩО СУПРОВОДЖУЄ ВІЙНУ 2014-2025 РОКІВ В УКРАЇНІ	
Безрукова О. І., Золотарьова О. В.....	30
ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСЧИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМ Al–Dy(Tb)	
Кудін В.Г., Романова Л.О., Подопрігора Н.В., Іванов М.І., Судавцова В.С.....	32
REGARDING THE IMPACT OF POULTRY FARMS ON THE ENVIRONMENT	
Sohina V.S., Kravchenko I.V.....	33
ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF PETROLEUM DISPENSING FACILITIES	
Staduhina H.Ye., Kravchenko I.V.	35
КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ВЕРХНЯ БІЛЕНЬКА	
Зеленський М.М., Мохонько В.І.....	36
ВОДА – ОСНОВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ	
Бакутін О.О., Кравченко І.В.....	38
MICROBIAL BIOSOLUTIONS FOR SUSTAINABLE AQUACULTURE	
Dzhordzh I.E.V., Kravchenko I.V.	39
SWOT ANALYSIS OF PESTICIDE USE BY SMALL FARMS AND AGROHOLDINGS	
Sohina V.S., Kravchenko I.V.....	42
РОЛЬ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО РОСЛИННИЦТВА	
Моспанова О.А.....	45
ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО МИСЛЕННЯ НА ЗАНЯТТЯХ ФІЗИКИ	
Решітник Ю.В., Ільніцька К.С.	47

ЕНЕРГІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ: ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ШТУЧНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗУ	
Новіков В.М., Новікова С.Ю.....	48
MODERN METHODS OF MECHANICAL TREATMENT AND UTILIZATION OF SEWAGE SLUDGE	
Liashchenko O.A., Kravchenko I.V.....	50
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ОСАДЖЕННЯ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ АМОНІЮ ЗІ СТІЧНИХ ВОД	
Лістрова Д.С., Золотарьова О.В.....	52
PHASE EQUILIBRIA IN THE Fe-25Al-Ti-C SYSTEM	
Fartushna I., Samelyuk A., Bulanova M.	53
ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ Al-Nd-Ni	
Фартушна Ю.В., Уткін С.В., Самелюк А.В., Судавцова В.С., Буланова М.В.	55
ОБМІН КАЛЬЦІЮ І ФОСФОРУ В КІСТКОВІЙ ТКАНИНІ ТВАРИН	
Кіральгазі М. М., Проказа Є. М.	57
ЗАСОБИ ЗАХИСТУ РОСЛИН В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	
Р.В. Бондар, Г.О. Крикливцев	59
КОНТРОЛЬ БУР'ЯНІВ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	
Р.В. Бондар, І.І. Височин	61
ЦИФРОВІ КЛАСТЕРИ	
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Рейда О.М., Ціхановська О.М.	63
ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РАМКАХ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ	
Кислий Б. І., Жарікова І. В.	65
МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ	
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Рейда О.М., Романюк О.В.....	67
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРУ ТА МАСШТАБУ ВІЙСЬКОВИХ РУЙНУВАНЬ НА СТАН ГОЛОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН МІСТ СХОДУ УКРАЇНИ	
Гігінеїшвілі К.В., Морозенко М.О., Швець В.В., Соколенко В. М.....	68
ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ ТА ПЕРЕРОБКИ БУДІВЕЛЬНОГО СМІТТЯ, УТВОРЕНОГО ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ	
Швидкий Д.В., Швець В.В., Соколенко К. В.	70
ОСОБЛИВОСТІ АНТРОПОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ЗА ТРИВИМІРНОЮ МОДЕЛЛЮ	
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Мазур В.В., Тітова Н.В., Романюк С.О.	72
ІННОВАЦІЙНІ КОНЦЕПЦІЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
Запара Я.В., Панченко В.К., Кузьміченко С.В.	74
ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КАРКАСА КОНТЕЙНЕРА З РОЗКОСАМИ В КОНСТРУКЦІЇ	
Ловська А. О., Павлюченков М. В., Равлюк В. Г., Скуріхін Д. І., Рибін А. В.	75

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КАРКАСА КОНТЕЙНЕРА УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ	
Ловська А. О., Павлюченков М. В.	77
INTERDEPENDENCE OF COAL POROSITY WITH METAMORPHIC TRANSFORMATIONS OF COAL SEAMS	
Rudniev Y.S., Popovych V.A.	78
ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОРИЗАЦІЇ ТА АВТЕНТИФІКАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЄЮ	
Данилюк Б.А.	80
СУЧАСНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ	
Макаров В. Д., Золотарьова О. В.	81
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ РЕАКТОРОМ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ	
Сафонов О.Д., Сотнікова Т.Г.	82
FLUTTER ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ КРОСПЛАТФОРМЕННОЇ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ	
Бабков А.С., Рудніченко М.Д.	83
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ У ТЕХНІЧНИХ ІТ-ПРОЄКТАХ	
Бобровник Д. В., Лифар В. О.	84
ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКОВИХ ЗУБОРІЗНИХ ФРЕЗ В САД-СИСТЕМІ CREO PARAMETRICS	
Логунів О. М.	86
ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕБРОЗРОБКИ	
Рюмін О.О., Тягунова М.Ю., к.т.н., доцент, Киричек Г.Г., к.т.н., доцент.....	87
ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР	
Романюк О.Н., Майданюк В.П., Гайдей С.О., Тітова Н.В., Романюк С.О.	89
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВАНТАЖІВОК І САМОКЕРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У КОМЕРЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ	
Ганжеєв Д.І., Акольцев М.Ю.	90
РОЛЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ	
Ніколаєнко А.П., Романченко О.В., Шумакова Т.О.	92
CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GRAIN TRANSPORTATION BY RAIL	
H.S. Baulina, Sputai I.P.	94
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МЕТРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТОВЩИНИ ПОКРИТТІВ	
Романченко Ю.А., Васюков В.С.	95
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	
Романченко Ю.А., Мордига В.О.	97

ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ЗМІШАНИХ КОРМІВ	
Коротов Ю.Ю., Курлов В.І.	99
ВИЛУЧЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ З ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНОЇ БІОМАСИ	
Каленик В.В., Патрій Р.С., Корчуганова О.М., Любимова-Зінченко О.В.	100
ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАХИСНИХ АНТИВІБРАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ТА МАТЕРІАЛІВ	
Фомін О.В., Козинка О.С.	101
ОЦІНКА СИСТЕМИ САМОРЯТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ РОБІТНИКІВ ПРИ ВЕДЕНІ ГІРНИЧИХ РОБІТ	
Борта О.М., Тарасов В.Ю.	103
SEWAGE SLUDGE UTILIZATION PATHWAYS: ENGINEERING PERSPECTIVE	
Holubtsov S.V., Kravchenko I.V.	105
ГІБРИДНИЙ МЕТОД ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЕФЕКТІВ У КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ	
Зінченко І.В., Рязанцев О.І.	108
СУЛЬФАТНА КИСЛОТА: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ГАЛУЗІ	
Дреєр О. В., Золотарьова О. В.	110
АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ	
Дяченко О.О., Шпінарева І.М.	111
АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ У ІНТЕРАКТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В КОНТЕКСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР	
Дяченко О.О., Шпінарева І.М.	112
МОДЕЛІ, МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ОПЕРАЦІЯМИ В МІЖНАРОДНИХ НЕРЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ	
Кузін Ю.В., Лифар В.О.	113
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ФІЛЬТРОМ-ПРЕСОМ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ	
Канєв В. О., Лорія М. Г.	114
ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ WINDOWS	
Терещенко Т.П., Терещенко К.В., Штонда Р.М., Черниш Ю.О., Ляшенко Г.Т.	115
ПОСІВ ТЕХНІЧНОЇ КОНОПЛИ В УМОВАХ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	
Кіральгазі І. І., Жмуренко М. А., Луганський П. М.	117
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ НА ВІДСТАНІ	
Гнибіда К.А., Вичужанін В.В.	119
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОЛОГОГО ПРОСІЮВАННЯ ДРІБНОЇ РУДИ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКУ	
Моркун В.С., Грищенко Я.О.	120
MORPHOLOGICAL ANALYSIS USING ISHIKAWA DIAGRAM IN CREATING AN IDEAL RAILWAY TRANSPORT VEHICLE	
Fomin O., Burlutskyi O., Burlutskyi D.	122

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРШКОВО-ОЛИВКОВОГО СПРЕДУ З ВИКОРИСТАННЯМ СОКУ ГАРБУЗА ТА БУРЯКА	
Могутова В. Ф.	124
КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ МІЦНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ЗЕРНОВОЗА ДЛЯ КРАЇН ЄС	
Фомін О.В., Прокопенко П.М.	125
АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА ФОТОХІМІЧНИХ ТОВАРІВ	
Меркуленко А. Д., Золотарьова О. В.	127
UTILIZATION OF DEFORMATION POWDER TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF IRON ALUMINIDE WITH HIGH TEMPERATURE STRENGTH	
Tolochyn O. I., Tolochyna O. V., Evych Ya. I., Okyn I. Yu.	128
АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ	
Невмирич З. Д., Золотарьова О. В.	130
ОБҐРУНТУВАННЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ	
Харківський А. В., Тарасов В. Ю.	131
МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ	
Голобородько В. С., Лифар В. О.	131
PROTECTION OF ELECTRICAL NETWORKS FROM OVERVOLTAGE: METHODS AND MEANS	
Filimonenko K.V., Varava Mykyta	133
ENSURING ELECTRICAL SAFETY AND RELIABILITY OF 0.4 kV OVERHEAD LINES DURING OVERVOLTAGES	
Filimonenko K.V.	135
SOME TECHNICAL SOLUTIONS TO INCREASE THE RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT	
Filimonenko N.M., Pavlov Mykyta	137
TECHNOLOGICAL, ECONOMIC EFFICIENCY AND SAFETY OF INDUSTRIAL ENTERPRISE OPERATION IN RELATION TO MOTOR LOAD STABILITY	
Filimonenko N.M.	138
ЗАСТОСУВАННЯ ФІНІШНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ВІЛЬНИМИ АБРАЗИВАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ	
Романченко О.В., Шумкова Т.О., Ніколаєнко А.П.	140
ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ КУРСУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ	
Ничик М. С., Гурін О. М., Цвіліхівський А. П., Карпюк Л.В.	142
COMPUTER GRAPHICS IN THE STUDY OF ENGINEERING GRAPHICS	
Pidpuzko N.V., Gorlo D.V., Davidenko N.O., Karpiuk L.V.	144
MODERN APPROACH TO THE STUDY OF GRAPHIC DISCIPLINES	
Yakymets O.M., Chekalov V.O., Davidenko N.O., Karpiuk L.V.	146
ЦІКАВЕ ПРО ГРАНІ ПОВЕРХНІ В ІНЖЕНЕРНІЙ ГРАФІЦІ	
Салінко Н.М., Гудименко О.М., Кобзар О. П., Карпюк Л.В.	147

КОМПОЗИЦІЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СБС КАУЧУКІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЗУТТЄВОЇ ПІДОШВИ	
Войтюк С.О., Римар Т.Е.	149
ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСТРУЗІЇ ГРАНУЛЬОВАНИХ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СБС КАУЧУКУ	
Ковальов С.Л., Римар Т.Е.	150
ПІДГОТОВКА КОМПОЗИЦІЙ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СБС КАУЧУКІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СПІНЕНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ	
Сечко Р.В., Римар Т.Е.	152
ВИРОБНИЦТВА МІНЕРАЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОНЦЕНТРАТІВ	
Зайченко В. І., Ворох А. О., Римар Т. Е.	153
ВИКОРИСТАННЯ НАНОКАРБОНАТУ КАЛЬЦІЮ ДЛЯ ЗМІНИ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ	
Ніколенко Р.С., Римар Т.Е.	154
МОДИФІКАЦІЯ ПОЛІПРОПІЛЕНУ ПОЛІОЛЕФІНОВИМИ ЕЛАСТОМЕРАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	
Цибульник М.І., Римар Т.Е.	155
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ AUTOCAD ТА SOLIDWORKS У СУЧАСНОМУ САД-ПРОЄКТУВАННІ	
Бажміна Е.А., Позняков А.М.	157
ДИНАМІЧНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ СИСТЕМ	
Муженко Д. О., Брожко Р. М.	159
МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ	
Рипаленко Д. В., Брожко Р. М.	160
ДРОБАРКА МЕТАЛЕВОЇ СТРУЖКИ ДЛЯ ФРЕРНОГО ВЕРСТАТУ	
Коротков В.С., Часов Д.П., Бейгул В.О.	161
ДІАГНОСТИКА ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК З ГОРИЗОНТАЛЬНИМ РОЗМІЩЕННЯ ШПИНДЕЛЯ	
Коротков В.С.	162
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛООБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК	
Коротков В.С.	164
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ТПК-125 З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ	
Коротков В.С., Сітало Б.Р.	166
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЗНОШУВАННЯ АБРАЗИВНИХ ГРАНУЛ	
Шумакова Т.О., Романченко О.В., Ніколаєнко А.П.	168
ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗМІШУВАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АДАПТИВНИХ ПІД-КОНТРОЛЕРІВ	
Горло Д.В., Целіщев О.Б.	169

СУЧАСНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ВІДЕООБРОБКИ	
Карпенко А.П., Целіщев О.Б.	171
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ КОЛОНОЮ СИНТЕЗУ У ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ	
Гурін О.М., Лорія М.Г.	172
ВИКОРИСТАННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО РІВНЯ СЛАБКОГО РОЗЧИНУ АМІАКУ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ	
Кобзар О.П., Лорія М.Г.	173
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ (КІСУ) ПРОЦЕСОМ РОЗКЛАДАННЯ КАРБАМАТУ У ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ	
Кобзарєв Є.В., Лорія М.Г.	175
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОМПРЕСОРОМ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА СТИСНЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
Чекалов В.О., Лорія М.Г.	176
ІНТЕГРОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ГАЗОФАЗНОГО ОКИСНЕННЯ АМІАКУ НА СТАДІЇ ВИРОБНИЦТВА СЛАБКОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ: РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ	
Шмигаренко Р.М., Лорія М.Г.	178
AUTOMATION OF CONTROL PROCESSES FOR A DISTILLATION COLUMN IN ALCOHOL PRODUCTION	
Kupina O.A., Bilaonov A.Ch.	179
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ СУШАРКОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ	
Купіна О.А., Гудименко О.М.	180
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВИПАЛЮВАЧЕМ РІДКОГО АМІАКУ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАКУ: ОГЛЯД ПИТАННЯ	
Купіна О.А., Дуришев О.А.	181
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF SORPTION APPARATUSES	
Kupina O.A., Yaremchuk I.V.	183
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF AN ABSORBER	
Brun O.M., Tselishchev O.B.	184
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR A HEAT EXCHANGER ON THE EXAMPLE OF A LIQUID AMMONIA EVAPORATOR IN AMMONIUM NITRATE PRODUCTION	
Saveliev V.V., Tselishchev O.B.	185
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕНІТРАЛІЗАТОРОМ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ В ТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ НІТРОГЛІЦЕРИНУ: СИСТЕМНИЙ ПІДХІД	
Щербань О.А., Целіщев О.Б.	186

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ПІДРАХУНКУ ЧАСТИНОК ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ	
Крохмаль А. В., Крохмаль В. І., Тарасов В. Ю.	187
ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	
Ткачук В.С., Тарасов В. Ю.	190
ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАДІЄНТНОГО МЕТОДУУ З ПОДРОБЛЕННЯМ КРОКУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ	
Полтавський І.А., Самойлова Ж.Г.	192
АПРОКСИМАЦІЯ ЛІНІЙНОЮ НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ З ЗВОРТНІМ РОЗПОВСЮДЖЕННЯМ ПОМИЛКИ ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ВИХОДІ РЕАКТОРА СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ ВІД ВИТРАТИ МЕТАНОЛУ, ЩО ПОДАЄТЬСЯ В РЕАКТОР В МОМЕНТ ПУСКУ	
Самойлова Ж.Г., Полтавський І.А.	193
ВПЛИВ ПАРАМЕТРУ SPREAD НА АПРОКСИМАЦІЮ НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ GRNN ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ВИХОДІ РЕАКТОРА СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ ВІД ВИТРАТИ МЕТАНОЛУ, ЩО ПОДАЄТЬСЯ В РЕАКТОР В МОМЕНТ ПУСКУ	
Самойлова Ж.Г., Татарчук Р.Є.	194
ФОТОКАТАЛІТИЧНІ МАТЕРІАЛИ: ОСТАННІ ДОСЯГНЕННЯ ТА НАЙБЛИЖЧІ МАЙБУТНІ ТЕНДЕНЦІЇ	
Гончаренко Я.О., Тарасов В.Ю.	195
WIND ENERGY POTENTIAL IN UKRAINE	
Vasyukov V.V., Morneva M.O.	196
DIAGNOSTICS TOOLS AND EQUIPMENT FOR ELECTROMECHANICAL MODULES AND SYSTEMS	
Kalinin A.M., Morneva M.O.	197
REGARDING SOLAR POWER PLANTS	
Morduga V., Morneva M.	198
FROM SOIL TO ROCKWOOL: THE FUTURE OF TOMATOES IN CLOSED ECOSYSTEMS	
Anikieiev M., Sotnikova T.	199
SORPTION GAS CAPACITY OF COAL	
Rudniev Y.S.	201
SWITCH-INDUCTOR ELECTRIC DRIVE FOR GENERAL INDUSTRIAL MECHANISMS	
Rudniev Y.S., Bezkrivnyi O.O.	203
MODERN CLASSIFICATION OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVES	
Rudniev Y.S., Loda I.Yu.	205
APPROACHES TO SPEED CONTROL OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR	
Rudniev Y.S., Maiboroda M.V.	208
ELECTRIC DRIVE WITH LINEAR MOTORS	
Rudniev Y.S., Tsukor O.S.	210

ELECTRIC DRIVE WITH STEPPER MOTOR FOR GENERAL INDUSTRIAL MECHANISMS

Rudniev Y.S., Zaraiskyi A.O. 212

ПІПІЄНІЧНА ОЦІНКА ТКАНИН ДЛЯ СПОРТИВНОГО ТА ПОВСЯКДЕННОГО ОДЯГУ НА ОСНОВІ СТРУКТУРИ ТА ВОЛОКНИСТОГО СКЛАДУ

Ріпка Г.А., Сербулов М.О., Овчаренко А.С. 214

РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАФАРБОВУВАННЯ В GPU

Романюк О.Н., Черняк О.І., Майданюк В.П., Дембіцький О.О. 216

ШИФРУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Романюк О.Н., Майданюк В.П., Нечипорук М.Л. 218

ТЕХНОЛОГІЯ ОКСИДЕГІДРОХЛОРУВАННЯ ХЛОРОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Кузьменко А.В., Баранова Л.А. 220

ЗНИЖЕННЯ АГРЕСИВНОСТІ ОБОРОТНИХ ВОД

Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Білошицька Н.І. 223

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Лужецький В.А., Романюк О.Н., Нечипорук М.Л. 224

FACTORS OF IMPACT OF RAILWAY TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON THE ENVIRONMENT

Svirikova A.Ye., Vlasenko K.H., Harmash B.K. 227

ROBOTICS AND THE FUTURE OF WORK - THE EVOLUTION OF THE LABOR MARKET

Balyaba D.O., Tertyshnyk Yu. O., Hryhorieva Ye.S. 229

THE ROLE OF HEAVY METALS IN BIOLOGICAL ORGANISMS AND THEIR NEGATIVE IMPACT IN CASE OF MAN-MADE POLLUTION

Hryhoriev Yu.V., Masalitina H.I., Katkovnikova L.A. 231

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДРОБАРКИ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТУ – СТИСЛИЙ ОГЛЯД

Харченко О.В. 233

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ НА РУШІЇ UNITY

Щербак І. В. 234

СТАТИСТИКА СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Романюк О.Н., Присяжнюк В.В., Тітова Н.В., Романюк С.О. 236

ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТУ ЧИКТОНИК ПРИ ВИРОЩУВАННІ БРОЙЛЕРІВ

Шпота Н. О., Рогозян О. В., Домніч Є. С. 239

ВІТАМІНИ ГРУПИ D ТА ЇХ БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗМУ ТВАРИН

Лазоренко С.О., Мацнева А.О. 240

ВРАХУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ ВЕТЕРАНІВ В УПРАВЛІННІ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ

Дегтяров Д.А., Мінакова В.О. 242

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ МЕНЕДЖЕРІВ СЕРЕДНЬОЇ ЛАНКИ

Мінакова В. О., Пономар А. М. 244

ВІДБУДОВА ЖИТЛА НА ПОСТКОНФЛІКТНИХ ТЕРИТОРІЯХ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ	
Ковальчук Є.О.	246
ТЕОРЕТИЧНА СКЛАДОВА ОЦІНКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
Гриценко Н.В., Козодой Д.С.	248
КОГНІТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СТРЕСОВИХ РЕАКЦІЙ У ЖІНОК СЕРЕДНЬОГО ВІКУ В УМОВАХ СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА	
Макар'юк О.В., Лосієвська О.Г.	250
УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
Левицький В.В.	251
ПРАВА І СВОБОДИ ГРОМАДЯН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
Жмуренко В.М.	254
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРАЛЬНО-ЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ МИСТЕЦЬКОГО ЦИКЛУ	
Жуков В.П.	256
ПОЛУМ'Я ВИЗВОЛЕННЯ: НАЦІОНАЛЬНО-ВИЗВОЛЬНА ВІЙНА УКРАЇНСЬКОГО НАРОДУ СЕРЕДИНИ XVII СТОЛІТТЯ	
Добрицька Дар'я	259
ГРАФІТІ СОФІЇ КИЇВСЬКОЇ, ЯК ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНЕ ДЖЕРЕЛО	
Кірсанова Карина	260
ПОЛІТИКА ПАМ'ЯТІ ЩОДО УКРАЇНСЬКИХ СІЧОВИХ СТРІЛЬЦІВ В УМОВАХ НЕЗАЛЕЖНОСТІ	
Нізовець Артем	261
ДИПЛОМАТІЯ, ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОЇ ПОЛІТИКИ ОКТАВІАНА АВГУСТА	
Олійник Руслан	262
НОМІНАТИВНО-ДЕНОТАТНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЕРГОНІМІВ МІСТА ВІННИЦІ	
Конончук К.О.	263
ФОНЕТИЧНИЙ ФРОНТ: ЯК УКРАЇНСЬКА МОВА ВІДРІЗНЯЄ «СВОЇХ» ВІД «ЧУЖИХ»	
Харчук М.В., Гречановська І.В.	265
ПЕРСОНАЛЬНИЙ БРЕНД СУЧАСНОГО ПЕДАГОГА: ІНСТРУМЕНТИ СТВОРЕННЯ ТА ПРОСУВАННЯ	
Небосенко В., Садовенко С. Г.	266
ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ ВІДОБРАЖЕННЯ В ПРОФЕСІЙНІЙ ОСВІТІ	
Овсієнко Д. О., Садовенко С. Г.	267
LMS MOODLE ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ	
Бажміна Е.А.	268
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМИ ПОДОЛАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО СТРЕСУ У ПРАЦІВНИКІВ СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ	
Лосієвська О.Г., Мальнєв А.С.	270

ПСИХІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ЖІНОК ЗРІЛОГО ВІКУ	
Шаталюк О.В., Лосієвська О.Г.	271
ПСИХОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ПІДТРИМУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ	
Лосієвська О.Г., Моргунова К.С.	273
ПОСТТРАВМАТИЧНЕ ЗРОСТАННЯ ЯК ЗАПОРУКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ОСОБИСТОСТІ	
Лосієвська О.Г., Холодова С.Г.	276
ФЕНОМЕН СТРЕСОСТІЙКІСТІ В УМОВАХ СУСПІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ	
Шевченко О.А., Лосієвська О.Г.	278
ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ФЕНОМЕНУ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ЗРОСТАННЯ	
Ільчук О.В., Лосієвська О.Г.	280
НЕОЛОГІЗМИ ЯК ВАЖЛИВИЙ ВЕКТОР ЛІНГВОКРЕАТИВУ СЬОГОДНІ: СТАТУС, ФУНКЦІЇ	
Бортун К.О.	281
COGNITIVE AI AGENTS FOR SMART CLASSROOMS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES	
Dr. Abhishek Pandey	283
ФОРМУВАННЯ ІНКЛЮЗИВНОЇ КУЛЬТУРИ ЧЕРЕЗ ЗАНЯТТЯ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ І СПОРТОМ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ	
Ткачук О.Г.	286
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІДХОДІВ У ЗАВДАННЯХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА РИНКАХ ЦІННИХ ПАПЕРІВ	
Огородюк Р.В., Рудніченко М.Д., Шведов Д.С.	288
КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ В НАСТІЛЬНО-РОЛЬОВИХ ІГРАХ	
Отращенко А.А., Рудніченко М.Д., Шведов Д.В.	290
РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	
Рудницький М.І., Шибаєва Н.О., Шибаєв Д.С.	291
ПРОЕКТ СИСТЕМИ ОЦІНКИ СТАНУ ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА БАЗІ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ	
Савчук В.А., Рудніченко М.Д., Отрадська Т.В.	293
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ	
Тулизик О.В., Рудніченко М.Д., Отрадська Т.В.	295
МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПОБУДОВИ ГІБРИДНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ	
Шведов Д.С., Рудніченко М.Д., Тулисов В.А.	298
TECHNOLOGIES FOR THE CONVERSION OF SOLID FOSSIL FUELS FOR THE PRODUCTION OF PROCESS GASES	
Zubcov Eu.I.	299

RUNOFF MANAGEMENT SYSTEMS WITH NEW PERSPECTIVES

Blinova M.V., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

The pollution of roadside ecosystems and surface waters by harmful substances contained in surface runoff has become a serious environmental problem, including one related to the widespread use of de-icing agents during winter maintenance.

Rainwater runoff from urbanized areas coming from road traffic, residential areas, and streets is contaminated with hazardous substances. Petroleum hydrocarbons enter surface runoff as a result of leaks of crude oil, diesel fuel, and lubricants. When accumulated in rainwater, heavy metals can affect the environment for many years. Therefore, it is very important to clean exhaust gases from these harmful compounds. Fats contained in wastewater can cause deposits on the walls of pipes and sewer components and can corrode steel components in wastewater treatment plants. In warehouses, logistics centers or garages, surface wastewater is contaminated with battery acids such as sulfuric and hydrochloric. Wastewater containing such contaminants must undergo a neutralization process before being discharged into municipal sewage systems.

Furthermore, sustainable urban drainage systems (SUDS) represent a paradigm shift in stormwater management, prioritizing infiltration and mimicking natural hydrological processes to reduce flood risk, improve water quality, and support ecosystems in urban areas

The application of chloride-based salts, such as sodium chloride and calcium chloride, to remove snow and ice from roads can lead to the contamination of nearby ecosystems and water bodies. These salts can seep into the soil, flow into surface waters through runoff, and have detrimental effects on flora, fauna, and water quality. Addressing the negative impact of chloride salt pollution on roadside ecosystems and water bodies is essential for mitigating environmental degradation and preserving ecological balance in these sensitive areas. In this context, implementing measures to increase the ecological safety of these environments and minimize the pollution from chloride salts is imperative for sustainable winter maintenance practices.

To complement the measures aimed at increasing the ecological safety of roadside ecosystems and water bodies from the negative impact of deicing agents, modern technologies for local surface runoff treatment can be employed.

And in Ukraine, only about 5% of city streets with a hard surface are equipped with surface drainage networks. Water runoff management serves a critical three-fold purpose: nurturing plant life without saturation damage, replenishing municipal water reserves, and preventing contamination of standing water.

Surface drainage innovations create pathways for water evacuation through strategically designed channels. Engineers often sculpt landscapes with intentional gradients directing flow toward these pathways. The spectrum of surface solutions encompasses open drainage networks, alternating elevation patterns, protective embankments, and vegetation-integrated waterways. Cast-in-place trench systems exemplify this engineering approach.

Below-ground moisture management systems—commonly known as French drains—operate at root depths to extract excessive hydration. Installation requires excavation for pipe placement beneath the soil horizon.

Incline-specific drainage architecture facilitates downward water movement away from structures through gradient-anchored piping systems. These designs secure pipes along slopes, effectively redirecting moisture from buildings.

Gutter configurations with vertical discharge pipes represent the primary defense shield against precipitation saturation. These systems redirect water through aluminum extensions, concealed drainage networks, collection containers, or specialized solutions. Their function diverts moisture away, channeling it toward municipal drainage infrastructure or sometimes connecting directly to subterranean waste systems via specialized access points.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ШВИДКОЇ МОДИ ТА БІОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ СТАЛОГО ТЕКСТИЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Шустанова О.М., Кравченко І.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Fast fashion (швидка мода) стала однією з найгостріших глобальних екологічних проблем ХХІ століття. Надмірне споживання, вплив "швидких естетик", використання неякісних матеріалів та величезна кількість відходів створюють катастрофічний тиск на довкілля. Текстильна промисловість є не лише одним із найбільших споживачів води у світі, але й одним із головних джерел забруднення прісної води, відповідаючи майже за 20% промислового водного забруднення.

Згідно статистичних даних щороку індустрія моди витрачає близько 95 мільярдів кубічних метрів води, щороку викидається або спалюється приблизно 53 мільйони тонн одягу, і лише 1% віддається на переробку, 35% усього мікропластику у світових водоймах походить саме з індустрії моди.

Історія забруднення від текстильної промисловості сягає часів Промислової революції. Міста на кшталт Бредфорда в Англії, відомого як "вовняна столиця світу" у 1800-х роках, потерпали від такого рівня забруднення, що Бредфордський канал іноді навіть загорявся. У Манчестері, прозваному "Коттонополісом" через процвітаючу текстильну індустрію, річка Іруелл була настільки забруднена промисловими відходами, що до 1860 року її дно підіймалося на три дюйми щороку.

За даними ООН, на вирощування бавовни витрачається 200 000 тонн пестицидів та 16 мільйонів тонн добрив. Крім того, вирощування бавовни спричиняє опустелювання родючих земель та висихання водойм. Яскравим прикладом є Аральське море між Казахстаном та Узбекистаном, яке було майже повністю висушене через плани зрошення бавовняних полів у 1960-х роках, що призвело до втрати рибного промислу та проблем зі здоров'ям місцевого населення через піщані бурі.

На всіх етапах текстильного виробництва відбувається вплив на довкілля.

Підготовчий етап. Сирі матеріали, такі як бавовна або вовна, містять багато домішок: бруд, тваринний жир, рослинні матеріали та навіть пестициди. Для їх очищення використовується процес, відомий як очищення, який потребує миючих засобів, токсичних хімікатів та каустичної соди. Відбілювання, ще один ключовий процес цього етапу, здійснюється з використанням перекису водню.

Фарбування та друк. На цьому етапі використовуються величезні обсяги води та хімікатів. Реактивні барвники, які часто застосовуються для бавовни, потребують солі та лугів для закріплення кольору. Значна частина барвників разом із зайвими хімікатами потрапляє у стічні води. Використання дешевих барвників призводить також до забруднення ґрунту, вони чинять токсичну дію на коріння рослин та їхніх симбіонтів, сповільнюючи ріст. Від дешевих барвників до ґрунту потрапляють важкі метали, які можуть змінювати структуру ґрунтових мікробних угруповань і проникати всередину тканин рослин. Під час друку на тканинах використовуються різноманітні синтетичні барвники та пігменти. Зв'язуючі речовини та загусники, що застосовуються при друці, можуть містити небезпечні хімікати, такі як азобарвники та формальдегід. Ці хімікати не зникають після друку на тканині – вони можуть вимиватися під час прання та забруднювати прісноводні ресурси.

Завершальний етап. На цьому етапі тканинам надаються бажані властивості: м'якість, гладкість, водовідштовхувальність або вогнестійкість. Для цього використовуються силікони та четвертинні амонієві сполуки, перфторовані сполуки (PFC) та інші хімікати, які можуть тривалий час зберігатися в навколишньому середовищі.

Більшість одягу, вироблена гігантами "швидкої моди", виготовляється з поліестеру. Під час прання таких виробів у воду потрапляє мікропластик, де споживається рибами, а

потім через харчовий ланцюг передається людям. Мікропластик підвищує ризик серцево-судинних захворювань майже у 4,5 рази. Італійські науковці виявили мікропластик в артеріях людини, що став причиною атеросклерозу. Крім того, мікропластик порушує гормональний фон жінок і чоловіків, підвищуючи ризики безпліддя.

Біологічні рішення для сталого текстильного виробництва

Не всі хімікати, що використовуються в текстильній промисловості, можна замінити біорішеннями, але чимало інноваційних альтернатив з'явилося за останні роки, що дозволяють ефективно зменшити або навіть усунути деякі з найшкідливіших хімікатів і практик у галузі.

Біостонінг. Десятиліттями культовий вицвілий та зношений вигляд джинсів досягався за допомогою пемзи – вулканічних каменів, що видобуваються із землі. З ростом попиту на джинси видобуток пемзи завдавав значної шкоди навколишньому середовищу. Щоб вирішити цю проблему, виробники почали використовувати хімікати, такі як гіпохлорит натрію або відбілювач. Хоча це зменшило залежність від пемзи, виникли нові проблеми: надлишок відбілювача часто потрапляв у навколишнє середовище, забруднюючи водойми.

У 1980-х роках з'явилося інноваційне біорішення: фермент целюлаза, що отримується з грибів. Прання джинсів з целюлазою дозволяє досягти того самого вицвілого вигляду, що й пемза або відбілювач, але без шкоди для довкілля. Цей процес, відомий як "біостонінг", швидко набув популярності. Використання ферментів замість пемзи або відбілювача не лише зменшує негативний вплив на довкілля, а й скорочує витрати води та енергії до 90%, що приносить виробникам фінансову вигоду.

Біополірування. Біорішення сприяють продовженню строку служби одягу. Техніка біополірування передбачає використання ферментів для видалення вільних волокон із тканин, усуваючи так звану "пухнастість", яку часто можна побачити на бавовняному одязі. Біополірування можна порівняти з косметичною процедурою для одягу – тканини виглядають гладшими, тоншими і як нові, з ефектами, що зберігаються довше, ніж у необроблених тканин. Чудодійним інгредієнтом у цьому процесі є целюлаза. Дослідження показують, що біополірування може подовжити термін служби бавовняного одягу щонайменше на 20%, а одяг із волокон, отриманих із природних матеріалів, таких як деревна целюлоза, може виглядати новим і свіжим до 60 прань. Подовження терміну служби одягу має значні екологічні переваги. Наприклад, продовження терміну служби лише половини одягу у Великобританії на дев'ять місяців може призвести до зменшення викидів парникових газів на 8%, зменшення споживання води на 10% і скорочення текстильних відходів на 4% на тонну одягу, оскільки потрібно виробляти менше нових речей.

Для очищення сирієї бавовни або вовни ефективно використовується фермент пектиназа, який розчиняє біологічні домішки. Цей процес, названий "біоочищенням", потребує на 67% менше води та на 50% менше енергії порівняно з традиційними методами.

Каталаза є ефективним біорішенням для видалення залишків відбілювача після відбілювання. Коли бавовняні або вовняні волокна відбілюються до ідеально білого кольору, значна кількість відбілювача залишається у волокнах. Для видалення цього залишкового відбілювача використовується каталаза.

Одна з найгостріших проблем у текстильному виробництві – скидання невикористаних барвників із фабрик. Ці барвники просочуються в річки, озера та інші водойми, завдаючи шкоди водним організмам. У багатьох регіонах текстильні підприємства забарвили водойми в синій колір надлишком барвників із джинсів та інших виробів. Тут також біорішення дають надію. Пероксидаза – фермент, який має чудову здатність усувати невикористані барвники зі стічних вод, наразі досліджується як життєздатне рішення для текстильних фабрик.

Біорішення – це не просто тренд, а революційна сила, що може трансформувати текстильну промисловість. Вони пропонують шлях до більш сталого текстильного виробництва, яке відповідає за свій вплив на довкілля.

Ми, як споживачі, також можемо зробити свій внесок у вирішення проблеми швидкої моди:

- Дотримуватися принципу "less is more" (менше значить більше)
- Вибирати одяг, виготовлений із натуральних та якісних матеріалів
- Підтримувати переробку та давати одягу "друге життя"
- Шукати та підтримувати бренди, що використовують біоальтернативи для виготовлення одягу

Кожний крок, зроблений із використанням біорішень, підкреслює нашу відповідальність перед довкіллям і дає нам можливість носити одяг, який служить довше та має менший вплив на навколишнє середовище.

Посилання

<https://capslook.ua/czina-mody-ekologichna-problema-hhi-stolittya/#>

<https://www.novonesis.com/en/news/the-biosolutions-bulletin-07-how-biology-can-make-textile-production-more-sustainable?>

ІЗОТЕРМІЧНИЙ ПЕРЕРІЗ ПРИ 950°C ПІДСИСТЕМИ HfNi – Ni – TiNi

Кравчук В.Ф., аспірант, Сторчак А.М., м.н.с., Самелюк А.В., н.с.,

Буланова М.В., д.х.н., пров.н.с.

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

Система Hf-Ti-Ni має фундаментальне і практичне значення завдяки здатності її сплавів до об'ємної аморфізації. Аморфні сплави (металеві стекла, MG) мають високі міцність, границю плинності, стійкість до корозії тощо [1, 2]. Передбачення здатності сплавів до аморфізації потребує знання характеру фазових рівноваг та перетворень у відповідних системах.

Систему Hf-Ti-Ni в області плавлення-кристалізації детально досліджено в області концентрації нікелю менше 50 ат. % [3-5], тоді як інтервал з більшим вмістом нікелю не досліджено. Ізотермічні перерізи системи при 900 і 800 °C [6] охоплюють весь концентраційний інтервал. Поверхня ліквідусу за результатами термодинамічного моделювання [7, 8] містить евтектики при 800-900 °C, що вказує на високу відносну термодинамічну стабільність розплавів системи і, відтак, їх високу схильність до аморфізації. Вище 900 °C підсистему HfNi – Ni – TiNi не вивчали. Тому метою даної роботи є побудова ізотермічного перерізу при 950 °C.

Сплави готували за стандартною методикою в електродуговій печі в середовищі очищеного аргону з металів високої чистоти (99,8 мас. % Ni, 99,94 мас. % Ti, 99,96 мас. % Hf). Втрата маси після плавки не перевищувала 0,2 мас. %, тому склад сплавів приймали за шихтою. Сплави відпалено при 950 °C впродовж 1200 годин. Відпал проводили в в муфельній печі в запаяних кварцових ампулах, заповнених аргоном. Середовище додатково очищували титановою стружкою.

Відпалені зразки досліджували методами мікроструктурного та локального рентгеноспектрального аналізу (ЛРСА) в електронному мікроскопі Axia ChemiSEM. Мікроструктуру аналізували в режимі відбитих електронів. Метод ЛРСА застосовували для визначення складу фаз. Підготовку зразків проводили їх шліфуванням на абразивних паперах з подальшим поліруванням з використанням водної суспензії Cr₂O₃.

Побудований ізотермічний переріз показано на рис. 1, типові мікроструктури – на рис. 2.

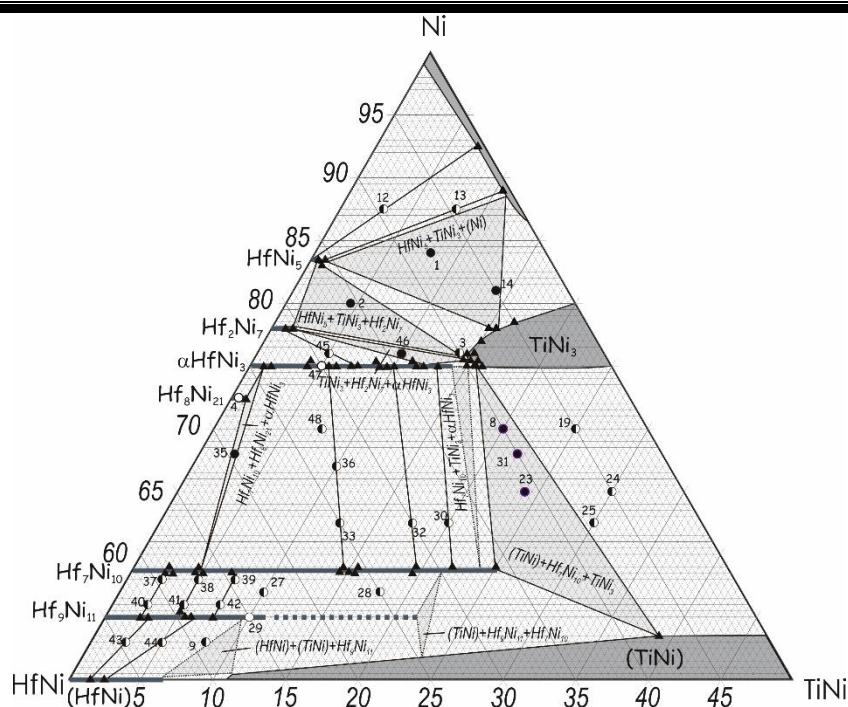


Рисунок 1. Ізотермічний переріз при 950 °C підсистеми HfNi – Ni – TiNi:

- – однофазний зразок;
- ◐ – двофазний зразок;
- – трифазний зразок;
- ▲ – результати ЛРСА

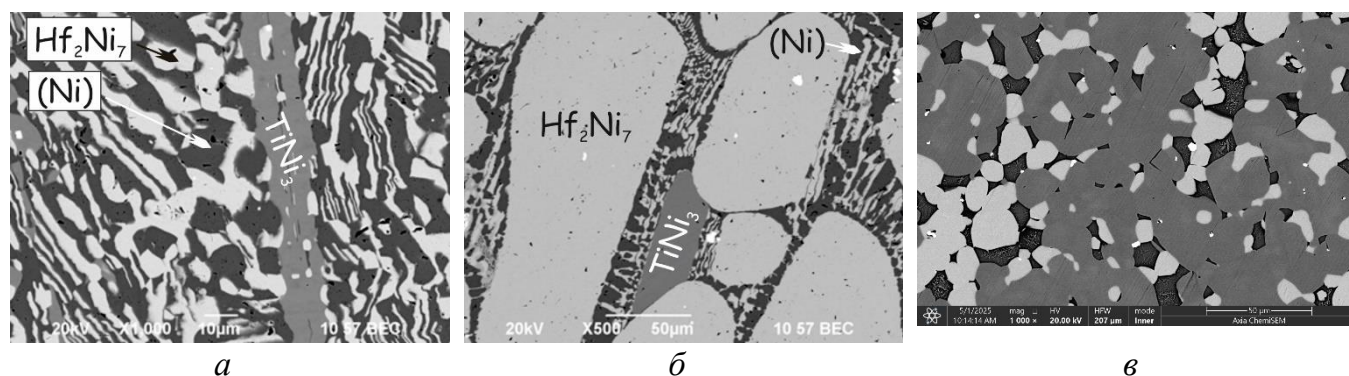


Рисунок 2. Типові мікроструктури трифазних зразків:

а – 8Hf–8Ti–84Ni (№ 1); б – 15.5Hf–4.5Ti–80Ni (№ 2); в – 10Hf–22Ti–68Ni (склад – в ат.%).

Переріз характеризується відсутністю потрійних сполук і широкою протяжністю областей гомогенності фаз на основі подвійних сполук, за винятком Hf_2Ni_7 та HfNi_5 . Останні перебувають у восьми трифазних рівновагах і відповідних двофазних. Координати вершин трифазних областей $(\text{TiNi}) + \text{TiNi}_3 + \text{Hf}_7\text{Ni}_{10}$, $\text{Hf}_7\text{Ni}_{10} + \text{Hf}_8\text{Ni}_{21} + \alpha\text{HfNi}_3$, $\alpha\text{HfNi}_3 + \text{TiNi}_3 + \text{Hf}_2\text{Ni}_7$, $\text{TiNi}_3 + \text{Hf}_2\text{Ni}_7 + \text{HfNi}_5$ та $\text{TiNi}_3 + \text{HfNi}_5 + (\text{Ni})$ встановлені експериментально методом ЛРСА. Положення областей $(\text{TiNi}) + (\text{HfNi}) + \text{Hf}_9\text{Ni}_{11}$, $(\text{TiNi}) + \text{Hf}_7\text{Ni}_{10} + \text{Hf}_9\text{Ni}_{11}$ та $\alpha\text{HfNi}_3 + \text{TiNi}_3 + \text{Hf}_7\text{Ni}_{10}$ показано орієнтовно.

Автори висловлюють подяку за фінансову підтримку Національної академії наук України (Проект III-1-25, Державний реєстраційний номер 0125U000610).

Література

1. Wang W. Bulk metallic glasses with functional physical properties. *Adv. Mater.* 2009. Vol 21. P. 4524-4544.
2. Li Z., Huang Z., Sun F., Li X., Ma J. Forming of metallic glasses: mechanisms and processes. *Materials Today Advances*. 2020. Vol. 7. P. 100077
3. Yeremenko V., Semenova E., Tretyachenko L., Petyukh V. Constitution of the Hf-Ni system up to 50 at.% Ni. *Journal of Alloys and Compounds*. 1993. Vol. 191, № 1. P. 117–119.
4. Семенова О.Л., Третьяченко Л.О. Поверхня солідуса системи Ti–Ni–Hf в області Ti–TiNi–HfNi–Hf. *Порошкова металургія*. 2001. № 7–8. С. 119–131.

5. Семенова О.Л., Третьяченко Л.О., Петюх В.М. Поверхня ліквідусу системи Ti–TiNi–HfNi–Hf Порошкова металургія. 2007. № 11–12. С. 50–60.
6. Liu J.L., Zhu L.L., Huang X.M., Cai G.M., Jin Z.P. Investigation of the phase equilibria in Ti–Ni–Hf system using diffusion triples and equilibrated alloys. *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*. 2017. Vol. 58. – P. 160–168. doi:10.1016/j.calphad.2017.07.004.
7. Cacciamani G. Equilibrium between MB₂ (M = Ti, Zr, Hf) UHTC and Ni: A thermodynamic database for the B–Hf–Ni–Ti–Zr system / G. Cacciamani, P. Riani, F. Valenza // *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry* – 2011. – Vol. 35. – P. 601–619.
8. Li K. Thermodynamic modeling of the Ni–Ti–Hf system / K. Li, W. Zheng // *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*. – 2023. – Vol. 81. – P. 102558. doi.org/10.1016/j.calphad.2023.102558.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСЧИВОСТІ І ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СПЛАВАХ СИСТЕМИ Al–Mg–Ge І ПОДВІЙНИХ ГРАНИЧНИХ ПІДСИСТЕМАХ

Царюк Д.В.¹, Носенко В.К., д.ф.-м.н.¹, Носенко А.В. к.ф.-м.н.¹, Кудін В.Г., к.ф.-м.н.², Романова Л.О., к.х.н.³, Судавцова В.С., д.х.н.³

¹ Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

³ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ

Високоміцні алюмінієві сплави містять багато легуючих елементів, які покращують їх механічні властивості. Крім того, алюміній легований Mg і Ge, демонструє покращене надпластичне видовження [1]. Властивості цих сплавів значною мірою визначаються утворенням інтерметалічних сполук (Mg₂Ge та інших).

Щоб удосконалити методи і умови виробництва цих сплавів та з метою покращення їхніх властивостей бажано мати термодинамічні дані як для подвійних, так і особливо для багатокомпонентних сплавів. Так як дослідження термодинамічних властивостей розплавів потрібних систем є складними і для розплавів системи Al–Mg–Ge їх не проведено, то доцільно їх розрахувати із аналогічних даних для трьох обмежуючих подвійних підсистем за відомими “геометричними” і “аналітичною” (Редліха–Кістера–Муджіану з потрібним внеском або без нього) моделлю. Щоб встановити, яка із вказаних моделей найкраще описує експериментальні дані, доцільно дослідити термодинамічні властивості розплавів 1–3 променевих перерізів наприклад, методом калориметрії. Термодинамічні властивості розплавів для трьох обмежуючих подвійних систем були взяті із роботи [2], в якій вони добре проаналізовані. Слід зазначити, що результати експериментальних досліджень ентальпій змішування у подвійних розплавах можуть розглядатись як надійні, тому вони могли бути основою для оцінки аналогічних характеристик розплавів потрібної системи Al–Mg–Ge. Одержані результати за різними моделями відрізняються, але згідно всіх моделей мінімальні ентальпії змішування вказаних потрібних розплавів припадають на тугоплавку сполуку Mg₂Ge. Це вказує на те, що підсистема Mg–Ge вносить найбільший внесок в енергію міжатомної взаємодії в розплавах системи Al–Mg–Ge. Це закономірно, тому що розплави двох інших обмежуючих подвійних підсистем характеризуються слабкими енергіями взаємодії між різнойменними атомами (їх $\Delta H_{\text{мін}}$ близькі і дорівнюють приблизно –3 кДж/моль).

Розраховані термодинамічні властивості розплавів системи Al–Mg–Ge за моделлю Редліха–Кістера–Муджіану без і з потрібним внеском –150 кДж/моль наведено на рис. 1.

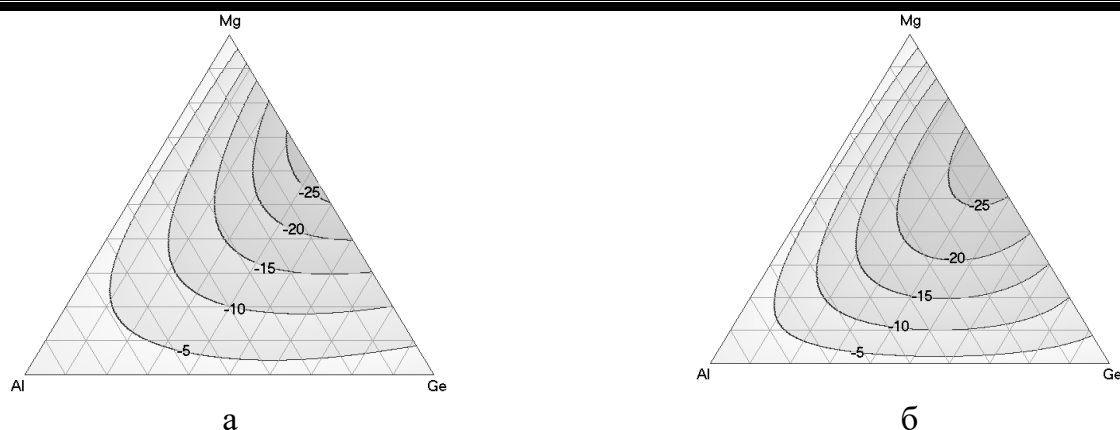


Рис. 1. Ізоентальпії змішування розплавів системи Al–Mg–Ge $L=0$ (а) і -150 (б) кДж/моль при 1300 К.

Для розплавів системи Al–Mg–Ge було вирішено також виконати дослідження методом калориметрії для трьох променевих перерізів. Вони наведені на рис. 2.

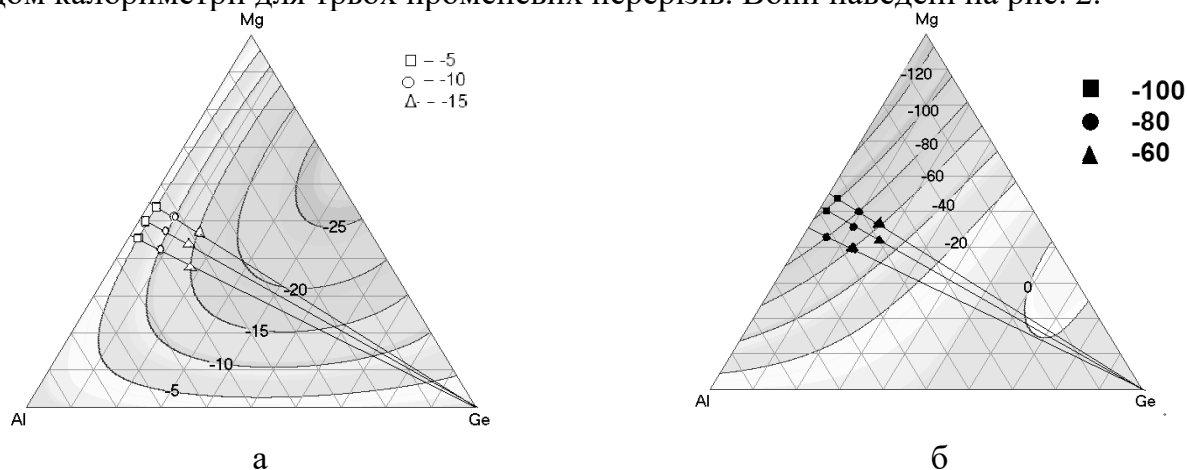


Рис. 2. Ізоліїї інтегральних (а) і парціальних для компонентів (б) ентальпії змішування розплавів системи Al–Mg–Ge для перерізів із $x_{Al}/x_{Mg} = 0,45/0,55$ при 1205 К, $x_{Al}/x_{Mg} = 0,54/0,46$ при 1278 К та $x_{Al}/x_{Mg} = 0,49/0,51$ при 1318 К: точки — експериментально визначені, лінії — розраховані за моделлю Редліха–Кістера–Муджіану з $L = -150$

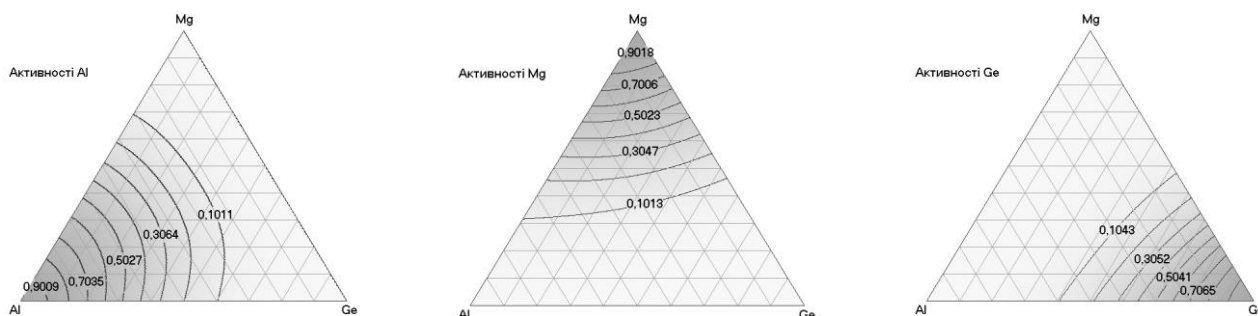


Рис. 3. Активності Al і Mg виявляють невеликі від'ємні відхилення від ідеальних розчинів, а для Ge — досить великі. З цих даних розраховано ΔG і ΔS вивчених розплавів. Встановлено, що $\Delta G_{min} = -12,6$ кДж/моль, $\Delta S_{min} = -5$ Дж/моль К. Обидва мінімуми припадають на подвійну граничну підсистему Mg–Ge.

В результаті вдалося отримати термохімічні властивості розплавів даної системи в усьому інтервалі концентрацій. Видно, що експериментальні і розраховані за моделлю Редліха–Кістера–Муджіану узгоджуються між собою, а мінімум ΔH для потрійних розплавів припадає на область концентрацій сплавів, що знаходяться поблизу єдиної

сполуки Mg_2Ge ($T_{\text{пл}}=1390\text{K}$), яка плавиться конгруентно. Цього слід було очікувати. Одержані термохімічні властивості розплавів системи Al-Mg-Ge вказують на те, що найбільш сильні зв'язки між різнойменними атомами утворюються в сплавах близьких за складом до фази Mg_2Ge і, ймовірно, характеризуються високими температурами плавлення.

Використовуючи дані для активностей компонентів в розплавах обмежуючих подвійних підсистем, за цією ж моделлю розраховано аналогічні дані для розплавів потрібної системи Al-Mg-Ge , які наведено нижче:

Література

1. Hasegawa T., Yasuno T., Nagai T., Takahashi T. Origin of superplastic elongation in aluminum alloys produced by mechanical milling. *Acta Metall.* 1998. 46 (17). P. 6001–6007.

2. Islam F., Thykadavil A.K., Medraj M. A computational thermodynamic model of the Mg-Al-Ge system. *Journal of Alloys and Compounds.* 2006. 425. P. 129–139.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ І СПОЛУК СИСТЕМ Bi-Ln

Шевчук В.А.¹, Кудін В.Г.², Романова Л.О.¹, Подопригора Н.В.¹, Судацова В.С.¹

¹ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Омеляна Пріцака, 3, м. Київ, Україна, 03142

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 64, м. Київ, Україна, 01033

Подвійні та потрібні сплави багатьох систем Bi з d- і f- елементами проявляють термоелектричні, магнітні властивості. Серед них також є як легко-, так і тугоплавкі матеріали. Для отримання таких матеріалів необхідно знати їх діаграми стану та термодинамічні властивості різних проміжних фаз і особливо рідкої, тому що більшість з них отримується плавленням. Під час переробки відходів ядерного палива з використанням розплавлених хлоридів металів (кадмію або бісмуту) РЗМ відновлюються, утворюючи тугоплавкі сполуки. Щоб оцінити ефективність цього процесу теж важливо знати термодинамічні дані для розплавів системи Bi-Ln . Через це вивчення та моделювання термодинамічних характеристик таких металічних розплавів має важливе теоретичне та практичне значення.

Методом ізопериболічної калориметрії вперше визначено парціальні та інтегральні ентальпії змішування розплавів подвійних систем Bi-La(Se, Pr) при температурі $1220 \pm 2 \text{ K}$ у в широкому інтервалі складів. Встановлено, що мінімальні значення ентальпій змішування розплавів цих систем близькі між собою і дорівнюють $-120 \pm 15 \text{ кДж/моль}$ при $x_{\text{Bi}} = 0,4$; $\Delta \bar{H}_{\text{Bi}}^{\infty} = -400 \pm 33$; $\Delta \bar{H}_{\text{La}}^{\infty} = -212 \pm 19 \text{ кДж/моль}$. Встановлено, що $\Delta \bar{H}_{\text{La}}^{\infty}$ узгоджуються з майже усіма відомими, не дивлячись на те, що останні були визначені не прямим методом ЕРС.

Для підтвердження достовірності отриманих даних для вказаних розплавів та пошуку загальних закономірностей термодинамічних характеристик сплавоутворення систем Bi-Ln , її розглянуто як члени ряду систем $\text{Bi-Ln(Ln-лантаноїд)}$. Для цього проаналізовані ентальпії утворення і $T_{\text{пл}}$ інтерметалідів LnBi , а також мінімальні значення ентальпій змішування розплавів (ΔH_{min}), відносних різниць мольних об'ємів і електронегативностей компонентів систем Bi-Ln і побудовані їх залежності від порядкового номера лантаноїду.

Так як три перші залежності симбатні, тому вважаємо, що термохімічні властивості розплавів і фаз систем Bi-Ln обумовлені в основному розмірним фактором. Із рисунка б видно, що $T_{\text{пл}}$ сполуки YbBi є нижчою, ніж для сполук металів, що знаходяться поряд з Yb . Так як $T_{\text{пл}}$ сполук також пов'язана з енергією міжатомної взаємодії, то можна передбачати, що ентальпія утворення монобісмутиду YbBi є менш екзотермічна, ніж визначена лише в одній роботі [1] (-91 кДж/моль). $T_{\text{пл}}$ сполуки EuBi не визначена, але вона має бути теж нижчою, ніж для сполук систем, що знаходяться поряд з Eu . Її ми прогнозуємо рівною 1200

К. Але це і інші прогнозовані нами параметри треба уточнити методами фізико-хімічного аналізу.

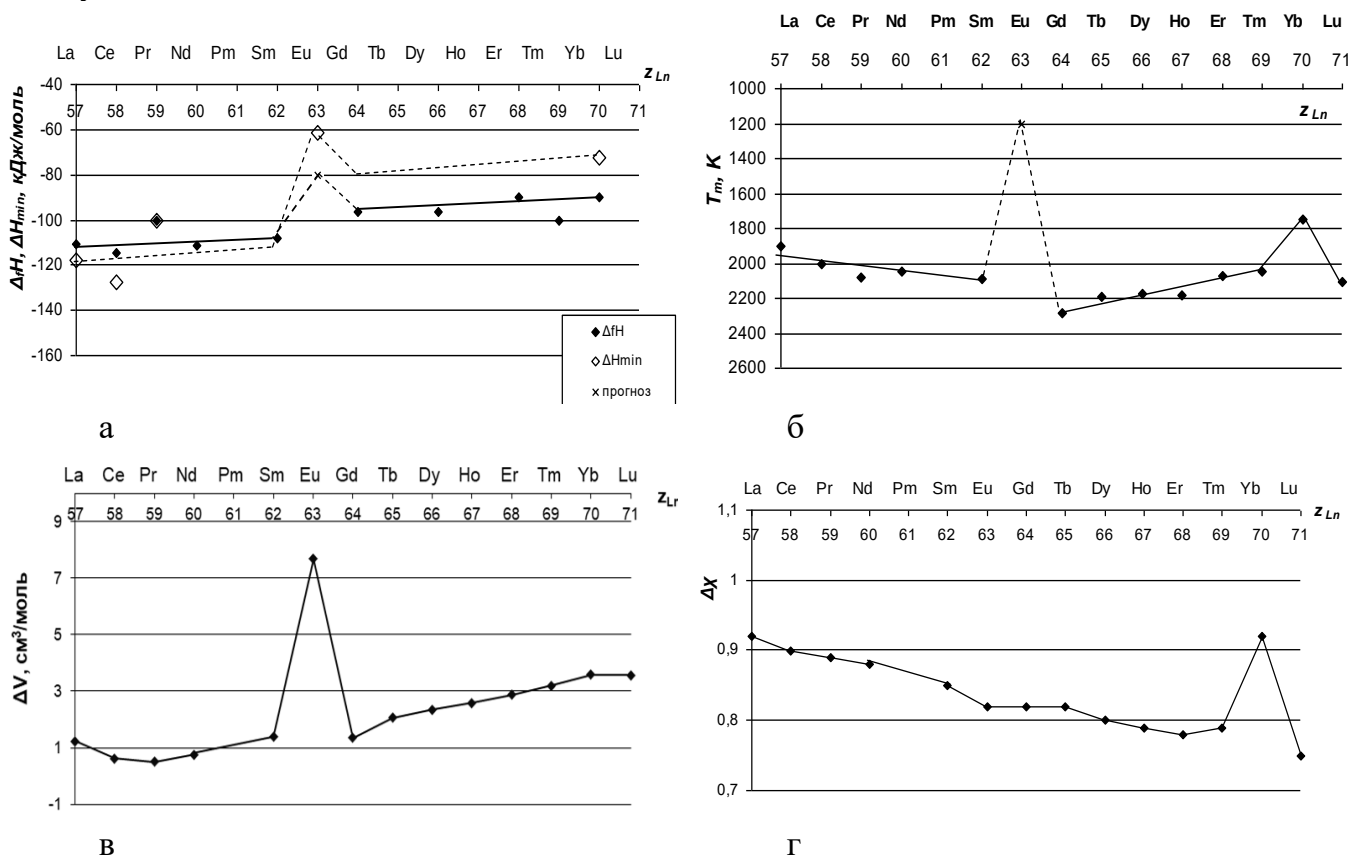


Рисунок. Залежності ентальпій утворення монобісмутидів Ln і еквіатомних розплавів (а), температур плавлення проміжних фаз LnBi (б), різниць мольних об'ємів (в) та електронегативностей компонентів (г) систем Bi–Ln від порядкового номеру лантаноїду: точки — експ. дані; штрихові лінії — наш прогноз.

Із рисунка а видно, що прогнозовані значення мінімальних ентальпій змішування не досліджених розплавів систем Bi–Ln для легких РЗМ є близькими до ентальпій утворення їх монобісмутидів, а для важких РЗМ — є менш екзотермічними, ніж їх $\Delta_f H$, як це встановлено для системи Bi–Yb. Що стосується ентальпій утворення монобісмутидів лантаноїдів, розрахованих за моделлю Мієдеми [2], то більшість з них корелюють із визначеними експериментально і узагальненими в роботі [3]. Але розраховані за моделлю Мієдеми [2], ентальпії змішування відрізняються від визначених в даній роботі. Це вказує на те, що напівемпірична модель Мієдеми не може бути застосована для оцінки ентальпій змішування розплавів систем Bi–Ln.

Література

1. Borzone G., Ferro R., Parodi N., Saccone A. Ytterbium bismuthides: ytterbium valency and thermodynamics. Gazz. Chim. Ital. 1995. Vol. 125. P. 263–270.
2. Colinet C., Pasturel A., Percheron-Guegan A., Achard J.C. Enthalpies of Formation of Liquid and Solid Binary Alloys of Lead, Antimony and Bismuth with Rare Earth Elements. J. Less Common Met. 1984. Vol. 102, № 2. P. 239–249. [https://doi.org/10.1016/0022-5088\(84\)90320-5](https://doi.org/10.1016/0022-5088(84)90320-5)
3. Colinet C. The thermodynamic properties of rare earth metallic systems. J. Alloys Compd. 1995. Vol. 225, № 1–2. P. 409–422. [https://doi.org/10.1016/0925-8388\(94\)07087-3](https://doi.org/10.1016/0925-8388(94)07087-3)

ЕКОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАТИКА: СИНЕРГІЯ ЗАДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО

Середіна А.С., Біленко В.І.

Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж

Світ вступив у фазу глибоких трансформацій, де технології та природа стикаються у ключовій точці — майбутнє планети. Глобальні екологічні виклики, зокрема зміна клімату, деградація ґрунтів, втрата біорізноманіття, потребують нових підходів до дослідження, моделювання та вирішення. У цьому контексті інформатика набуває вирішального значення як не просто інструмент, а як міждисциплінарна основа екологічного управління.

Сьогодні цифрові технології — це не лише зручність чи автоматизація. Це аналітична сила, здатна побачити закономірності в хаосі, передбачити сценарії розвитку подій, попередити катастрофи, забезпечити сталий розвиток. Інтеграція екології з такими напрямками інформатики, як штучний інтелект, великі дані, інтернет речей та геоінформаційні системи, відкриває новий етап еволюції нашого взаємозв'язку з природою.

У статті проаналізовано сучасні можливості інформатики у сфері охорони довкілля, запропоновано інноваційні приклади застосування цифрових рішень, а також визначено ключові виклики й перспективи формування екологічної парадигми майбутнього.

До найактуальніших екологічних проблем сьогодення належать:

- Глобальне потепління – результат викидів парникових газів.
- Дефіцит чистої води – у багатьох регіонах світу.
- Пластикове забруднення океанів.
- Зникнення біорізноманіття – через вирубку лісів, урбанізацію та промислову діяльність.
- Загрозлива кількість електронних відходів.

Класичні методи контролю часто є реактивними, не здатними прогнозувати наслідки вчасно. Відтак на перший план виходить потреба у проактивному, технологічному підході до охорони довкілля.

Сучасні досягнення інформатики активно застосовуються в екології. Це включає:

1. Інтернет речей (IoT). Тисячі датчиків фіксують рівень забруднення повітря, температури, вологості, кислотності ґрунтів тощо. Дані передаються в реальному часі для подальшої обробки й прийняття рішень.
2. Штучний інтелект і машинне навчання. AI аналізує великі масиви екологічної інформації, виявляє приховані закономірності, оптимізує використання ресурсів. Наприклад, у сільському господарстві — для точного зрошення й мінімізації пестицидів.
3. Геоінформаційні системи (GIS). Інформатика дозволяє інтегрувати просторові дані — для моніторингу землекористування, лісових пожеж, повеней, змін клімату.
4. Хмарні обчислення. Обробка даних у хмарі зменшує потребу у фізичному обладнанні, що знижує вуглецевий слід організацій.
5. Цифрова освіта й просвіта. Мобільні додатки та онлайн-платформи сприяють формуванню екосвідомості у суспільстві (наприклад, сортування сміття, екологічний слід, краудсорсинг спостережень).

Практичні приклади:

- Проект NASA Earthdata: обробка супутникових зображень для прогнозування екологічних змін.
- EcoCity (Україна): краудсорсингова платформа з відкритими даними про якість повітря.
- Ocean Cleanup: застосування інформатики для координування дронів, які прибирають пластик з океанів.
- AgriTech-ініціативи: точне землеробство, засноване на аналізі даних із супутників та дронів.

Попри значний потенціал, є й виклики:

- Недостатнє фінансування проєктів у сфері екологічної інформатики.

- Обмежений доступ до якісних даних у деяких регіонах.
- Необхідність міждисциплінарної підготовки фахівців.
- Брак спеціалістів з екологічної інформатики.
- Цифрова нерівність між регіонами.
- Потреба в інтеграції екологічних дисциплін до ІТ-освіти.

Перспективи розвитку включають розширення open-data ініціатив, розвиток AI-екосистеми для захисту довкілля та впровадження цифрових двійників екосистем.

Як запровадити екологічні ІТ-рішення в Україні:

1. Розробка державної стратегії "Екологія + Цифра"
 - Створення національної програми цифрової екологічної трансформації.
 - Залучення Міндовкілля, МОН, Мінцифри, НАН України, ІТ-асоціацій.
2. Масове встановлення екологічних сенсорів (IoT)
 - Встановлення датчиків у містах, зонах промисловості, на транспорті.
 - Інтеграція з відкритими платформами для громадського моніторингу.
3. Використання штучного інтелекту для прогнозування та аналізу
 - Пілотні проекти у сфері:
 - якості повітря;
 - прогнозу повеней/пожеж;
 - розумного землеробства.
4. Впровадження цифрової освіти та просвіти
 - Інтеграція курсів "Цифрова екологія", "ІТ у сталому розвитку" в ЗВО.
 - Створення мобільних застосунків та ігор для екологічної просвіти молоді.
5. Публічне API та платформи open data
 - Відкритий доступ до екологічних даних з сенсорів, супутників, лабораторій.
 - Платформи на кшталт "Дія.Еко", "EcoDataHub" (аналог Copernicus/OpenAQ).
6. Підтримка стартапів та екотехнологічних ініціатив
 - Гранти, акселератори, податкові пільги для "зелених" ІТ-компаній.
 - Інтеграція в EU Horizon та інші програми.

Україна має всі передумови для того, щоб стати регіональним лідером у сфері цифрової екології. Це вимагає державної волі, освітнього підходу, співпраці науки та ІТ-бізнесу. Втілення таких рішень можливе вже в найближчі 3–5 років з поступовим переходом до повноцінної цифрової екосистеми.

У ХХІ столітті неможливо розглядати екологічну безпеку окремо від цифрової трансформації суспільства. Сучасна екологія — це вже не тільки біологія чи географія, це цифрова екосистема, де сенсори, алгоритми та супутники працюють пліч-о-пліч із науковцями, урядами та громадськими ініціативами.

Інформатика відкриває нові горизонти у прогнозуванні змін клімату, розробці адаптивних рішень, формуванні «розумних міст» та сталих агросистем. Водночас вона сприяє підвищенню екологічної свідомості суспільства через інтерфейси, платформи та інтерактивні освітні рішення.

Попри технічні досягнення, вирішальним чинником залишатиметься міждисциплінарна співпраця: поєднання знань екологів, ІТ-фахівців, урбаністів та освітян. Тільки так ми зможемо побудувати цифрове, але водночас природно збалансоване майбутнє.

Література

1. Олійник, Я. Б. Геоінформаційні системи в екологічному моніторингу / Я. Б. Олійник // Екологічна безпека. – 2022. – №1(37). – С. 55–61.
2. Гаврилюк, О. П. Екологія та інформаційні технології: проблеми та перспективи / О. П. Гаврилюк // Інформаційні технології в освіті, науці і техніці. – 2021. – Вип. 2. – С. 74–80.

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА: НОВИЙ ПОГЛЯД НА СТАЛІЙ РОЗВИТОК

Середіна А.С., Ткаченко І.В.

Харківський автомобільно-дорожній фаховий коледж

У вирі глобальних змін та зростаючих викликів, пов'язаних з виснаженням природних ресурсів, накопиченням відходів та посиленням наслідків кліматичних змін, людство опинилося на роздоріжжі. Традиційна лінійна модель економіки, що базується на безперервному циклі "видобуток - виробництво - споживання - викидання", демонструє свою екологічну та економічну нежиттєздатність у довгостроковій перспективі. У цьому контексті на світовій арені дедалі більшої ваги набуває концепція циркулярної економіки – парадигма, що пропонує фундаментально новий підхід до управління ресурсами та виробничими процесами. Циркулярна економіка є не просто набором екологічних ініціатив, а комплексною стратегією, спрямованою на створення замкнутих циклів використання матеріалів та енергії, мінімізацію відходів та відновлення природних екосистем. Цей перехід від лінійної до циркулярної моделі є не лише екологічною необхідністю, але й потужним драйвером для інновацій, економічного зростання та створення нових можливостей для бізнесу та суспільства в цілому. У цій статті ми детально розглянемо сутність циркулярної економіки, її ключові принципи, сучасні тенденції та інновації, а також окреслимо переваги та виклики, пов'язані з її впровадженням у сучасному світі.

Сьогоднішній світ характеризується стрімким зростанням населення, інтенсивною експлуатацією природних ресурсів, зростанням обсягів відходів та посиленням наслідків зміни клімату. Лінійна економіка, що домінувала протягом століть, виявилася неефективною та екологічно нестійкою.

Циркулярна економіка пропонує комплексну відповідь на ці виклики, базуючись на кількох ключових принципах:

- **Збереження ресурсів:** Максимальне подовження життєвого циклу продуктів та матеріалів шляхом якісного проектування, ремонту та повторного використання.
- **Запобігання утворенню відходів:** Перехід від концепції "відходів" до "ресурсів" шляхом переробки та відновлення матеріалів.
- **Регенерація природних систем:** Підтримка та відновлення природних екосистем шляхом відповідального використання біологічних ресурсів та мінімізації забруднення.

Сьогодні ми спостерігаємо активне впровадження принципів циркулярної економіки в різних секторах:

- **Екодизайн:** Розробка продуктів з урахуванням їхньої довговічності, можливості ремонту, повторного використання та переробки. Прикладами є модульні телефони, одяг з перероблених матеріалів та упаковка, що біологічно розкладається.
- **Економіка спільного споживання:** Платформи для оренди, обміну та спільного використання товарів (наприклад, автомобілів, інструментів, одягу) зменшують потребу у виробництві нових продуктів.
- **Промислова симбіоз:** Співпраця між різними підприємствами, в якій відходи одного стають ресурсами для іншого, оптимізуючи використання матеріалів та енергії.
- **Технології переробки та відновлення:** Розвиток новітніх технологій для ефективної переробки складних матеріалів, вилучення цінних компонентів та відновлення функціональності продуктів.
- **Цифрові платформи:** Використання IoT, штучного інтелекту та блокчейну для відстеження життєвого циклу продуктів, оптимізації логістики та полегшення повторного використання та переробки.
- **Моделі "продукт як послуга":** Замість продажу продуктів, компанії пропонують послуги, що базуються на їх використанні (наприклад, освітлення як послуга, мобільність як послуга). Це стимулює виробників створювати довговічні та ефективні продукти.

Перехід до циркулярної економіки несе значні переваги:

- Екологічні: Зменшення забруднення, збереження природних ресурсів, зниження викидів парникових газів та збереження біорізноманіття.
- Економічні: Створення нових робочих місць, стимулювання інновацій, зниження витрат на сировину та управління відходами, підвищення конкурентоздатності підприємств.
- Соціальні: Покращення якості життя, створення більш стійких та справедливих суспільств.

Незважаючи на значний потенціал, впровадження циркулярної економіки стикається з певними викликами, такими як необхідність значних інвестицій, зміна споживчих звичок, розробка відповідної законодавчої бази та міжгалузева співпраця.

Для успішного переходу необхідні спільні зусилля урядів, бізнесу, наукових установ та громадянського суспільства. Це включає:

- Розробку та впровадження стимулюючих політик та нормативних актів.
- Підтримку наукових досліджень та інновацій у сфері циркулярної економіки.
- Інформування та навчання громадськості щодо принципів циркулярної економіки та сталого споживання.
- Створення сприятливого середовища для розвитку циркулярного бізнесу.

Підсумовуючи, стає очевидним, що циркулярна економіка перестала бути теоретичною концепцією та трансформувалася в нагальну практичну необхідність для забезпечення сталого майбутнього. В умовах дедалі більшої усвідомленості екологічних проблем та обмеженості планетарних ресурсів, відмова від лінійної моделі "бери-роби-викидай" є неминучим кроком. Циркулярна економіка пропонує не просто латання екологічних дір, а системну перебудову економічних процесів, спрямовану на максимальне подовження життєвого циклу продуктів та матеріалів, запобігання утворенню відходів та відновлення природних систем. Сучасні технологічні досягнення, інноваційні бізнес-моделі та зростаюча споживча свідомість створюють сприятливе підґрунтя для широкого впровадження принципів циркулярної економіки в різних галузях. Хоча на цьому шляху існують певні виклики, значні екологічні, економічні та соціальні переваги, які несе з собою циркулярна модель, роблять її безальтернативним напрямком розвитку. Успішна трансформація до циркулярної економіки вимагає консолідованих зусиль урядів, бізнесу, наукових кіл та кожного громадянина, адже саме спільна відповідальність та усвідомлений вибір визначають наше майбутнє на планеті, де ресурси використовуються розумно, а відходи стають надбанням.

Література:

1. Жаркова І.М., Криворучко О.В. Циркулярна економіка як стратегічний напрям розвитку підприємств в умовах сталого розвитку // Бізнес Інформ. – 2020. – № 7. – С. 83–91.
2. Савчук В.С., Дьяків В.С. Інноваційні підходи до формування моделі циркулярної економіки в Україні // Економічний вісник НТУУ «КПІ». – 2019. – № 16. – С. 74–80.
3. Колесникова К.С. Економіка спільного споживання в системі циркулярної економіки // Економіка та держава. – 2021. – № 6. – С. 54–58.

FAST FASHION: THE IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Shustanova O.M., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

The trend of fast fashion, characterized by rapid production cycles, low-cost apparel, and swift responses to consumer purchasing behaviors, has profound environmental implications. A critical examination of existing literature reveals the extensive ecological damage attributed to fast fashion, encompassing carbon emissions, water usage, and waste generation.

Fast fashion is responsible for a significant share of global environmental degradation. Research suggests that it contributes approximately 8-10% of annual global carbon emissions, translating to about 4-5 billion tons of CO₂ released (Bailey et al., 2022). The industry is also a leading polluter of water resources, accounting for 20% of global industrial wastewater, approximately 79 trillion liters annually. The amount of water required to produce clothing and footwear varies significantly depending on the materials used and the manufacturing processes.

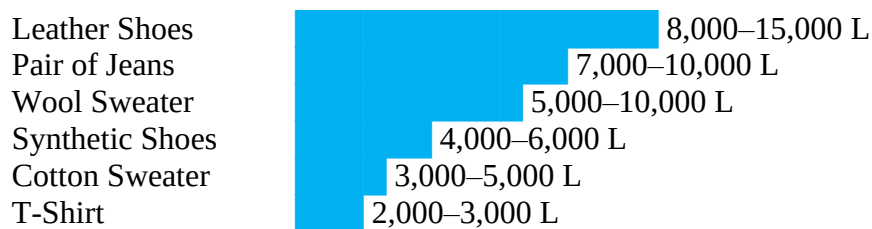


Fig.1 shows a comparison of the average water footprint for each item.

The production processes are water-intensive, involving harmful chemicals in dyeing and finishing stages that exacerbate water pollution

Fig. 1. - Water footprint of clothing and footwear

crises. Furthermore, the environmental footprint of fast fashion extends to textile waste, with a considerable portion of garments produced under fast fashion paradigms ending up in landfills or incinerated, contributing to the emissions of greenhouse gases (McCoy et al., 2021).

The demand for quick fashion cycles fosters a culture of disposability among consumers, leading to impulsive purchasing behaviors and a throwaway mentality. Studies indicate that the fast fashion industry's operational model relies heavily on this consumption pattern, encouraging the production of an enormous volume of low-cost garments that are not designed for longevity (Fong & Baskaran, 2024). This throwaway lifestyle has dire consequences, generating waste that disproportionately burdens developing countries, often involved in the dumping of used textiles. As a result, these regions face escalating greenhouse emissions challenges due to ineffective waste management practices.

The impact of fast fashion is further compounded by the phenomenon of greenwashing, where brands misleadingly portray their products as environmentally friendly, thus undermining genuine sustainability efforts. This creates consumer mistrust and confuses buyers who may wish to make environmentally conscious choices (Marko & Kusá, 2023; Miotto & Youn, 2020). The marketing strategies employed by fast fashion companies often overshadow the environmental crises they perpetuate, reinforcing consumption behaviors that contradict sustainable practices.

In contrast, alternative models such as circular fashion and thrifting are gaining traction as viable solutions to mitigate fast fashion's negative impacts. Thrifting, for example, offers a sustainable alternative by promoting second-hand consumption that reduces demand for new garments while also addressing waste issues associated with fast fashion. Additionally, the adoption of principles from circular economy frameworks can serve to design out waste and keep materials in circulation, suggesting pathways for the fashion industry to align more closely with sustainability goals (Dissanayake & Weerasinghe, 2021).

In conclusion, the fast fashion trend presents significant environmental challenges characterized by high carbon emissions, extensive water pollution, and immense textile waste

generation, fostering unsustainable consumer habits. As the industry often engages in misleading sustainability portrayals, it is crucial for consumers to remain informed and selective in their purchasing decisions. Transitioning towards more sustainable practices, including the embrace of circular fashion models, may provide necessary solutions to alleviate the adverse effects triggered by fast fashion.

The fashion industry is one of the world's largest consumers of water, but we can make a difference:

1. Choose organic cotton → uses 91% less water than conventional cotton; recycled polyester → made from plastic bottles, reducing water use by 20%+; hemp and linen → require minimal water compared to cotton; tencel (lyocell) → made from sustainably sourced wood pulp, using a closed loop water system.

2. Buy less, choose quality Fast fashion encourages overconsumption. Invest in timeless, durable pieces that will last for years. Follow the "30 wears test" - will you wear it at least 30 times? If not, skip it.

3. Buying second-hand reduces the demand for new production (and its water footprint).

Fast fashion thrives on cheap prices, fast trends and disposable clothing. How can we change the fast fashion trend?

1. Educate yourself and others - watch documentaries, share facts on social media.

2. Demand transparency - support brands that publish sustainability reports.

3. Embrace slow fashion - buy from small, ethical brands (even if they are more expensive); learn basic mending and upcycling to extend the life of your clothes.

4. Advocate for policy change - support legislation that regulates water use in fashion production; push for Extended Producer Responsibility (EPR) that holds brands accountable for waste.

5. Rethink trends - avoid micro-trends (e.g. 'viral' outfits worn once); build a capsule wardrobe (versatile, mix-and-match pieces).

Every small choice adds up. If just 10% of shoppers switched to sustainable fashion, billions of litres of water could be saved every year.

References

1. Bailey, K., Basu, A., & Sharma, S. (2022). The environmental impacts of fast fashion on water quality: a systematic review. *Water*, 14(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/w14071073>
2. Dissanayake, G. & Weerasinghe, D. (2021). Towards circular economy in fashion: review of strategies, barriers and enablers. *Circular Economy and Sustainability*, 2(1), 25-45. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00090-5>
3. Fong, Y. & Baskaran, S. (2024). Conceptualizing economic factors to ecological fashion adoption intention, recycling intention behavior as mediator. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(4). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v14-i4/21383>
4. Marko, M. & Kusá, A. (2023). Greenwashing and the nature of education in relation to consumer trust in fast fashion marketing communication. *CT*, 86-99. <https://doi.org/10.34135/communicationtoday.2023.vol.14.no.1.6>
5. McCoy, L., Wang, Y., & Chi, T. (2021). Why is collaborative apparel consumption gaining popularity? an empirical study of us gen z consumers. *Sustainability*, 13(15), 8360. <https://doi.org/10.3390/su13158360>

6. Miotto, G. & Youn, S. (2020). The impact of fast fashion retailers' sustainable collections on corporate legitimacy: examining the mediating role of altruistic attributions. *Journal of Consumer Behaviour*, 19(6), 618-631. <https://doi.org/10.1002/cb.1852>

ЕКОЦИД, ЩО СУПРОВОДЖУЄ ВІЙНУ 2014-2025 РОКІВ В УКРАЇНІ

Безрукова О. І., здобувач 3 курсу бакалавріату, група ПЕО-22д,

Золотарьова О. В., к.пед.н, доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Станом на початок 2025 року в Україні зафіксовано понад 7,5 тисяч злочинів проти екології з боку росії, вчинених з лютого 2022 року. Але знищення української природи окупантами триває від самого 2014 року, оскільки саме в зонах бойових дій в Україні розташована велика кількість лісів, об'єктів природно-заповідного фонду, річкові басейни та морські акваторії України.

Всі ми знаємо найбільш кричущі випадки «екологічних злочинів» ворога на нашій землі.

Окупація та фактичне знищення заповідного фонду біосферного заповідника «Асканія-Нова» в Херсонській області, через який сьогодні пролягає дорога для руху важкої ворожої військової техніки. Протягом війни на території заповідника спалахнуло 46 пожеж, згоріло 5500 гектарів степу, з них – 2200 гектарів заповідної зони.

Під загрозою зникнення опинилися понад 600 видів тварин, 750 видів рослин та грибів, у тому числі занесених до Червоної книги України, а в чорноморському басейні навколо Криму загинули 250 тисяч китоподібних. Змінилися міграційні шляхи багатьох видів птахів.

Підбив греблі Каховської гідроелектростанції став причиною масштабної техногенної катастрофи та назавжди змінив екосистеми Півдня України.

В Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику ворог вчинив значні вирубки лісу та порушення ґрунтового покриву, що підриває радіаційну безпеку регіону.

Потенційно замінованими вважаються близько 30% території України, через що наша країна на сьогодні офіційно є найзамінованішою державою світу, а термін робіт з розмінування оцінюється до 30 років.

Площа земель, забруднених через війну, в Україні складає 20,8 млн кв.м, обсяг відходів тільки від зруйнованої російської техніки становить 1,4 млн тонн. Об'єми зруйнованих будівель сягнули 670 тис.тонн і будівельне сміття теж забруднює довкілля, особливо небезпечними є вироби з азбесту, що можуть призвести до онкологічних захворювань.

Навіть після припинення активних бойових дій, війна ще довгі десятиліття буде продовжувати отруювати життя українців, оскільки вона супроводжується поширенням надзвичайно токсичних речовин, шкідливих для всього живого.

Продукти горіння та окисли металів і пластмас, що розкладаються десятиліттями і лишаються отруйними.

Залишки пального та продукти згоряння після вибуху боєприпасів супроводжуються хімічними реакціями, які повертаються на землю кислотними дощами.

Ракети, що не вибухнули, являють собою не меншу загрозу для життя та здоров'я, оскільки основний компонент ракетного палива – гептил – легко окислюється у повітрі, воді та ґрунті, утворюючи при цьому ще небезпечніші сполуки. Відомо, що смертельна доза цієї речовини для людини складає лише 1 мікрограм на літр води.

Через поширення забрудненої води зі зруйнованих могильників та очисних споруд знищених міст та селищ в зоні бойових дій земля довкола стає непридатною для вирощування збіжжя протягом багатьох десятиліть.

Екологічні катастрофи не зважають на кордони, тому збереження та захист довкілля – глобальна задача, до якої має долучитись кожна країна на своїй території, імплементуючи екологічні ініціативи на всіх рівнях.

В Україні однією з основних засад державної екологічної політики є досягнення Цілей Сталого Розвитку (ЦСР), які були затверджені на Саміті ООН зі сталого розвитку у 2015 році. Відтак вирішення екологічних питань пронизує всі сфери життєдіяльності держави, червоною стрічкою «вплітається» у нові закони.

Нагадаємо, що минулого року Міжнародна робоча група високого рівня з питань екологічних наслідків війни розробила «Екологічний договір для України. Зелене майбутнє: Рекомендації щодо відповідальності та відновлення», як новий механізм захисту довкілля, що складається з 50 рекомендацій для України та світової спільноти, які втілюють уніфікований підхід до оцінки впливу російської війни в Україні на довкілля, визначають підходи до компенсації за заподіяну шкоду, а також пропозиції щодо «зеленого» відновлення.

ВЕРТИКАЛЬНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ВЕКТОР РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Зеленський М.М., здобувач 3 курсу бакалавріату, к.т.н, доц. Зубцов Є. І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Сільське господарство України знаходиться на порозі значних технологічних змін. В умовах глобальних викликів, пов'язаних зі зміною клімату, урбанізацією та необхідністю забезпечення продовольчої безпеки, вертикальне землеробство постає як перспективний напрямок розвитку аграрного сектору. Для України, як аграрної держави, ця технологія становить особливий інтерес з огляду на потенціал диверсифікації сільськогосподарського виробництва, подолання сезонних обмежень та підвищення стійкості аграрного сектору. Цей інноваційний метод ведення сільського господарства дозволяє ефективно використовувати обмежені земельні ресурси та забезпечувати стабільне виробництво продукції протягом усього року.

Вертикальне землеробство представляє собою практику вирощування сільськогосподарських культур у вертикально розташованих шарах, часто інтегрованих у інші структури, такі як хмарочоси, використані складські приміщення або транспортні контейнери. Ця технологія базується на використанні гідропонних, аеропонних та аквапонних систем вирощування рослин в контрольованому середовищі. Успішне впровадження вертикального землеробства вимагає системного підходу, включаючи державну підтримку, розвиток освіти та адаптацію технологій до місцевих умов. Вертикальні ферми дозволяють контролювати умови вирощування рослин, створюючи оптимальне середовище для їх росту незалежно від погодних умов. Це забезпечує стабільний урожай протягом року та зменшує втрати врожаю через несприятливі погодні умови.

Інша перевага - ефективне використання земельних ресурсів, особливо в густонаселених регіонах. Ферми можуть бути розміщені на невеликих ділянках землі, включаючи дахи будівель, що дозволяє економити цінні земельні ресурси, також скорочує транспортні витрати та збільшує свіжість продуктів. Вирощування продукції безпосередньо в місті дозволяє забезпечити швидку доставку та зменшити втрати продуктів, які виникають під час транспортування з віддалених районів. Це сприяє створенню нових робочих місць

у високотехнологічному секторі, що підвищує конкурентоспроможність української економіки та сприяє розвитку інноваційних галузей.

Це особливо важливо для України, яка має обмежені площі родючих земель. Крім того, вертикальні ферми дозволяють знизити потребу у воді та пестицидах, що є важливим аспектом екологічного землеробства. Вони дозволяють вирощувати культури з використанням до 95% менше води, ніж традиційне землеробство, та зменшують потребу в пестицидах завдяки контрольованому середовищу.

Незважаючи на ряд переваг, вертикальне землеробство в Україні також має свої виклики та обмеження. Першочерговою проблемою є високі початкові інвестиції на будівництво та обладнання ферм. Залежність від енергопостачання є ще одним важливим викликом. Вертикальні ферми потребують великої кількості енергії для забезпечення освітлення, опалення та вентиляції. Тому використання енергоефективних технологій, таких як LED-освітлення, є ключовим фактором для зниження витрат на енергію. Для успішного розвитку вертикального землеробства необхідно адаптувати нормативну базу та створити сприятливі умови для інвестування та розвитку цього напрямку.

Вибір культур для вирощування у вертикальних фермах є важливим фактором для успіху. Оптимальними є швидкозростаючі культури з високою доданою вартістю, такі як зелень (салат, шпинат, базилік), ягоди (полуниця, малина), овочі (томати, огірки, перець). Можливість вирощування лікарських рослин та нішевих культур, таких як мікрозелень та їстівні квіти, також відкриває нові можливості для українських фермерів.

Вертикальне землеробство має значний потенціал для розвитку в Україні. В умовах глобальних викликів та необхідності модернізації сільського господарства, ця технологія може стати важливим елементом аграрного сектору країни.

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РОЗПЛАВІВ СИСТЕМ Al–Dy(Tb)

Кудін В.Г.¹, Романова Л.О.², Подопрігора Н.В.², Іванов М.І.², Судацкова В.С.²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
вул. Володимирська, 64, м. Київ, Україна, 01033

² Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України,
вул. Омеляна Пріцака, 3, м. Київ, Україна, 03142

Сплави на основі алюмінію широко використовуються для виготовлення деталей та виробів завдяки низькій густині, високій електро- і теплопровідності, стійкості до окиснення, схильності до аморфізації та утворення квазікристалів. Всі ці якості суттєво залежать від того, які хімічні елементи і в яких кількостях додані до алюмінію, а також від умов виготовлення сплавів. Можливості для варіювання легуючих компонентів є безмежними, тому практичне значення алюмінієвих сплавів важко переоцінити: в наш час, напевно, немає жодної галузі господарства, де не було б потреби у застосуванні та покращенні властивостей виготовлених з них деталей.

В останні десятиріччя збільшився інтерес до сплавів, що містять алюміній та рідкісноземельні метали (RЗМ) — основи для матеріалів з особливими фізико-хімічними властивостями (аморфних, нано- і квазікристалічних). Багато властивостей цих систем, особливо термодинамічних, для їх розплавів у широкому температурному інтервалі дотепер не вивчено. При високих температурах дослідження таких сплавів ускладнене їх високою хімічною активністю. Це пояснює переважну роль розрахункових робіт у цій галузі. Натепер досліджені термодинамічні властивості розплавів систем Al–Ln, Ln–легкий лантанод [1]. Оскільки термодинамічні властивості розплавів систем Al–Dy(Tb) не встановлено через їх високу агресивність та тугоплавкість, ми спробували їх дослідити в області розведених

розчинів методом ізопериметричної калориметрії при 1638 і 1415 К відповідно. В якості стандартного стану вибрані рідкий Al і рідкі переохолоджені Dy і Tb. Встановлено, що перші парціальні мольні ентальпії Dy і Tb дорівнюють -180 ± 14 і -220 ± 24 кДж/моль. Ця різниця обумовлена різними температурами досліджень. Сподіваємося, що ці будуть підтверджені в подальших дослідженнях цих і подібних до них розплавів.

Зараз відомі $T_{пл}$ сполук лише деяких систем Al–Ln за довідниковими даними [2]. Тому ми визначили $T_{пл}$ сполук $LnAl_2$ методом ДТА, які наведені на рис.1 разом з даними [2]. Видно, що спостерігається великий розкид в $T_{пл}$ диалюмінідів Ln, тому вирішили провести лінію тренду так, щоб вона найкраще враховувала найбільш достовірні дані. Відхилення від монотонної залежності для $T_{пл}$ $YbAl_2$ є очікуваним. Тому вважаємо, що із цієї залежності можна більш-менш точно прогнозувати $T_{пл}$ не досліджених сполук $LnAl_2$, так як це важливо для вирішення різних практичних проблем. Великий розкид $T_{пл}$ сполук $LnAl_2$, ймовірно за все, викликаний експериментальними похибками у їх визначенні через хімічну агресивність або високі $T_{пл}$ Ln та сполук $LnAl_2$.

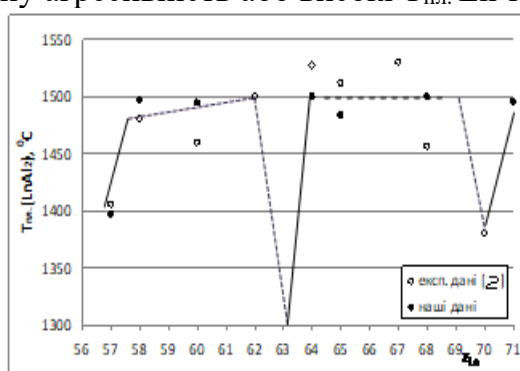


Рис. 1. Залежність $T_{пл}$ сполук $LnAl_2$ від порядкового номеру Ln (точки — експер. дані; лінії — наш прогноз).

Таким чином, вдалось вперше одержати інформацію про термодинамічні властивості розплавів подвійних систем Al–Dy(Tb), а також визначити $T_{пл}$ Деяких сполук $LnAl_2$.

Література

1. Судацкова В.С., Шевченко М.О., Іванов М.І., Кудін В.Г. Термодинамічні властивості сплавів подвійних і потрійних систем, утворених алюмінієм, перехідними та рідкісноземельними металами. Київ : Наук. думка. 2021. 200 с.
2. Massalski T.B. (Ed.) Binary Alloy Phase Diagrams, 2'nd edition, ASM International, Metals Park, Ohio. 1990.

REGARDING THE IMPACT OF POULTRY FARMS ON THE ENVIRONMENT

Sohina V.S., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

The environmental impact of poultry farming has become increasingly critical as the demand for poultry products rises globally.

One of the prominent negative environmental impacts associated with poultry farming is waste management. Poultry operations generate considerable waste, primarily of faeces, feathers, and leftover feed. The improper disposal of poultry waste could lead to significant hazards to human health and the environment through soil, water and air pollution. The excessive nutrient load from poultry litter can lead to eutrophication in nearby water bodies, disrupting aquatic ecosystems.

The wastewater produced by poultry farms is critical to consider. (Chen et al., 2022) examined the hydrochemical quality of groundwater near poultry farming sites, finding that agricultural practices intermingled with poultry waste significantly degrade water quality, impacting local communities and ecosystems. This deterioration in water quality primarily results

from the leaching of nitrogen and phosphorus from manure, which can contaminate drinking water supplies and pose health risks to humans and animals alike.

Air quality is another major concern linked to poultry farming practices. The odor emissions from poultry farms have been shown to affect the quality of life of surrounding communities adversely. (Adams et al., 2022) conducted a comparative assessment of indoor and outdoor air environments in poultry farms, noting heightened levels of harmful airborne pathogens, which have implications for both worker health and that of neighboring populations. High concentrations of particulate matter and ammonia, primarily released from poultry litter and manure, have documented links to respiratory diseases.

Antibiotic use in poultry farming further exacerbates environmental and public health issues. Farmers often use antibiotics not only to treat bacterial infections but also to promote growth and compensate for inadequate farm conditions. This practice contributes to the emergence of antibiotic-resistant bacteria, as identified by (Hassan et al., 2021). Poultry manure, which contains residual antibiotics, introduces these compounds into the environment when used as fertilizer, affecting soil health and contributing to the spread of antibiotic resistance. The presence of antibiotic-resistant *Campylobacter* and *Escherichia coli* has been reported in poultry farms, raising concerns regarding zoonotic transmission and food safety issues for consumers.

In addition, the issue of disease transmission among birds is closely related to poultry farming practices. The role of poultry farms in the amplification and spread of avian influenza has been identified, and effective biosecurity measures are essential to reduce the risks associated with close proximity to wild birds. Failure to effectively manage the interactions between poultry farms and wild bird populations has implications for both animal and public health, which increases the need to implement sustainable practices in the poultry sector.

The environmental impact of poultry farming encompasses various dimensions including waste management, water quality degradation, air pollution, and antibiotic resistance. Effective mitigation strategies, such as improved waste disposal systems, adherence to biosecurity measures, and reducing antibiotic usage, are vital for fostering sustainability in poultry farming. Continued research and implementation of environmentally responsible practices are essential to minimize the industry's ecological footprint and protect public health.

There are some measures to reduce the negative impact of poultry farms on the environment, including:

1. Waste Management

- Composting: Properly composting manure reduces pathogens and odors while producing nutrient-rich fertilizer.
- Anaerobic digestion: Converting manure into biogas (methane) for energy reduces greenhouse gas emissions.
- Pelletization: Drying and processing manure into pellets for easier transport and use as fertilizer.

2. Nutrient Management

- Precision feeding: Optimizing feed to reduce excess nitrogen and phosphorus in waste.
- Cover crops and buffer strips: Planting vegetation near farms to absorb runoff nutrients and prevent water pollution.
- Phosphorus-reduced diets: Adjusting poultry feed to lower phosphorus content in manure.

3. Air Quality Control

- Dust and ammonia reduction: Using litter additives (e.g., zeolite, acidifiers) to lower ammonia emissions.
- Ventilation systems: Installing biofilters or scrubbers to reduce airborne pollutants.
- Vegetative barriers: Planting trees/shrubs around farms to capture dust and odors.

4. Water Pollution Prevention

- Proper manure storage: Using lined lagoons or covered storage to prevent leaching into groundwater.
- Constructed wetlands: Treating farm runoff naturally before it enters water bodies.
- Regular monitoring: Testing soil and water to prevent over-application of manure.

5. Sustainable Farming Practices

- Rotational grazing: Allowing land recovery by rotating poultry grazing areas.
- Integrated farming: Combining poultry with crop or fish farming (aquaponics) to recycle waste efficiently.
- Alternative energy use: Adopting solar/wind power to reduce the farm's carbon footprint.

6. Regulatory & Community Measures**

- Zoning Laws: Keeping poultry farms at a safe distance from residential areas.
- Odor mitigation plans: Using biofilters, misting systems, or odor-neutralizing agents.
- Public awareness: Educating farmers on best practices for environmental protection.

By implementing these strategies, poultry farms can significantly reduce their ecological footprint while maintaining productivity.

References:

1. Adams, R., Idemudia, B., Imarhiagbe, E., Ikhajiagbe, B., Ukpebor, E., & Ekhaize, F. (2022). Comparative assessment of indoor and outdoor air environment of poultry farms in Edo state, Nigeria. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Biologia*, 67(1), 107-130. <https://doi.org/10.24193/subbbiol.2022.1.06>
2. Chen, J., Gui, H., Li, C., Wang, C., Chen, C., & Jiang, Y. (2022). Hydrochemical characteristics and quality assessment of shallow groundwater in poultry farming sites in Suzhou city, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(5), 4071-4084. <https://doi.org/10.15244/pjoes/148190>
3. Hassan, M., Kalam, M., Alim, M., Shano, S., Nayem, M., Badsha, M., ... & Islam, A. (2021). Knowledge, attitude, and practices on antimicrobial use and antimicrobial resistance among commercial poultry farmers in Bangladesh. *Antibiotics*, 10(7), 784. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070784>

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF PETROLEUM DISPENSING FACILITIES

Staduhina H.Ye., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

This scholarly review examines the ecological and public health implications associated with automotive fuel retail infrastructure. As integral components of transportation systems, petroleum dispensing facilities constitute essential nodes in fuel distribution networks while simultaneously presenting substantial environmental hazards. The storage, handling, and dispensation of hydrocarbon products generate multifaceted contamination vectors with significant ecological and epidemiological ramifications. This analysis synthesizes current literature regarding the environmental externalities of petroleum retail establishments, with particular emphasis on contamination pathways, regulatory frameworks, and amelioration protocols.

The literature consistently identifies subsurface hydrocarbon leakage from underground storage infrastructure as a primary environmental concern. Aromatic hydrocarbons—specifically benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX compounds)—represent prevalent contaminants with documented mobility through soil matrices. These substances demonstrate significant potential for aquifer infiltration, thereby compromising potable water resources and disrupting ecosystem functioning.

Petroleum retail establishments contribute substantially to atmospheric pollution through volatilization processes. Empirical investigations demonstrate quantitatively significant volatile

organic compound (VOC) emissions resulting from fuel transfer operations, ventilation systems, and consumer vehicle refueling activities. These emissions include carcinogenic atmospheric contaminants that potentially affect both occupational cohorts and adjacent residential populations.

Precipitation-induced surface runoff from petroleum dispensing facilities frequently transports petrochemical residues and heavy metal contaminants into municipal stormwater infrastructure, ultimately discharging into natural hydrological systems (EPA, 2024). Accidental release events during product delivery and consumer dispensing operations further compound aquatic ecosystem degradation and hydrological quality compromise.

Governmental entities and environmental regulatory authorities have established various intervention protocols to mitigate these environmental hazards:

- Mandatory implementation of leak detection technologies for underground storage systems. Vapor recovery apparatus requirements to minimize atmospheric VOC emissions.
- Standardized precipitation runoff management protocols incorporating oil-water separation technologies.

Furthermore, contaminated site restoration techniques including biological remediation systems and soil vapor extraction methodologies have demonstrated efficacy in environmental restoration efforts.

Petroleum dispensing facilities represent significant sources of environmental contamination across multiple ecological compartments. While regulatory interventions have attenuated certain risks, comprehensive monitoring programs and enhanced enforcement mechanisms remain essential for long-term impact mitigation. Future research trajectories should explore sustainable alternatives to conventional petroleum infrastructure, with particular emphasis on electric vehicle charging networks, to reduce dependence on fossil fuel distribution systems.

References

Environmental Protection Agency (EPA). (2024). Preventing and Detecting Underground Storage Tank Releases. <https://www.epa.gov/ust/preventing-and-detecting-underground-storage-tank-releases>

КОМПЛЕКСНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОД РІЧКИ ВЕРХНЯ БІЛЕНЬКА

Зеленський М.М., Мохонько В.І., к.геол.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Сучасний етап розвитку промисловості, зокрема нафтопереробного сектору, вугледобувної та хімічної промисловості, супроводжується значним антропогенним навантаженням на навколишнє середовище, у тому числі на водні ресурси. Одним із ключових завдань екології є своєчасне виявлення, оцінка та запобігання забрудненню поверхневих вод, які відіграють життєво важливу роль у підтримці біорізноманіття та забезпеченні господарських потреб. Комплексна оцінка якості вод має важливе значення при організації мережі моніторингу вод, а також при визначенні пріоритетів водоохоронної діяльності та плануванні водогосподарських заходів у галузі охорони довкілля.

Мета дослідження – оцінка якості вод річки Верхня Біленька у межах Лисичанського гірничопромислового району Луганській області за комплексними показниками.

Річка Верхня Біленька відноситься до басейну Сіверського Дінця і є його правою притокою. Вона маловодна, має довжину 24 км, похил - 3,7 м/км, площу басейну 219 кв.км. Витік річки розташований на південний захід від міста Лисичанська. Далі Верхня Біленька тече через смт Вовчоярівку і місто Лисичанськ і впадає у Свіерський Донець за 429 км від його гирла. По території міста її довжина становить приблизно 7,7 км.

Вода річки має значну мінералізацію та забруднена солями ще у витoku, оскільки протікає через природні поклади хлоридних солей. Крім того, річка приймає в себе надто

засолені стоки шахтних вод ПАО «Лисичанськвугілля» та «Лисичанського желатинового заводу». Вона протікає через промислову зону міста, на території її басейну розташований ПрАТ «ЛиНІК», та полігон промислових відходів хімічних підприємств регіону. Річка зазнає значного антропогенного впливу через скиди недостатньо очищених стічних вод промислових підприємств, поверхневі стоки з їх промислових майданчиків та з території міста, міські побутові стоки. Її стан безпосередньо впливає на якість води Сіверського Дінця нижче за течією, що обумовлює екологічну важливість ефективного контролю якості води в річці та її антропогенних змін з метою збереження водних ресурсів та розробки і впровадження ефективних водоохоронних заходів.

Комплексна оцінка якості вод річки Верхня Біленька проводилась за модифікованим індексом забруднення води (ІЗВ). Модифікований ІЗВ розраховується за шістьма показниками, розчинений кисень та БСК₅ є обов'язковими, а інші чотири обираються за найбільшими відношеннями концентрації до ГДК.

Розрахунок ІЗВ виконується за формулою:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \quad (1)$$

де ГДК_i — гранично допустима концентрація (значення) показника;

C_i – фактична концентрація (значення) показника.

Для розчиненого кисню, на відміну від інших показників, у формулі (1) береться співвідношення норматив / реальна концентрація.

Оцінка якості води виконується за наступними класами якості: I – дуже чиста (ІЗВ ≤ 0,3); II – чиста (ІЗВ > 0,3 - 1,0), III – помірно забруднена (ІЗВ > 1 - 2,5), IV – забруднена (ІЗВ > 2,5 – 4,0), V – брудна, (ІЗВ > 4 - 6), VI – дуже брудна (> 6 – 10), VII – надзвичайно брудна (ІЗВ > 10).

Розрахунок ІЗВ проводиться за період 2015 – 2018 рр. за даними державного моніторингу вод на посту спостережень у м. Лисичанськ, (0,1 км вище гирла), наведених у Екологічних паспортах Луганської області 2015 – 2018 рр.. Період обраний за результатом аналізу репрезентативності результатів спостережень. Пізніше 2018 р. спостереження проводились за значно меншою кількістю показників, а з початку повномасштабної агресії не проводились зовсім.

Середньорічні концентрації речовин в контрольному створі, а також результати розрахунків модифікованого ІЗВ наведено у таблиці.

Таблиця - Оцінка якості води р. Верхня Біленька за модифікованим ІЗВ

Рік	Показник						ІЗВ	Клас якості
	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	O ₂	БСК ₅	Нафто-продукти	Сульфати		
2015	3,9	3,5	9,2	2,1	1,3	560	14,1	VII, надзвичайно брудна
2016	2,4	3,7	9,2	2,1	1,2	580	13,7	VII, надзвичайно брудна
2017	1,93	0,55	8,6	4,2	0,07	575	3,43	IV, забруднена
2018	1,79	0,53	8,4	4,3	0,06	557,8	3,04	IV, забруднена
ГДК _i , мг/л	0,5	0,08	6,0	3,0	0,05	100		

Розрахунок за модифікованим ІЗВ (табл.) дозволив встановити, що при врахуванні показників з найбільшим відношенням до ГДК клас якості води у річці визначається у 2015 і 2016 роках як VII (вода надзвичайно брудна), а у 2017 і 2018 роках – як IV клас (вода забруднена) (рис.).

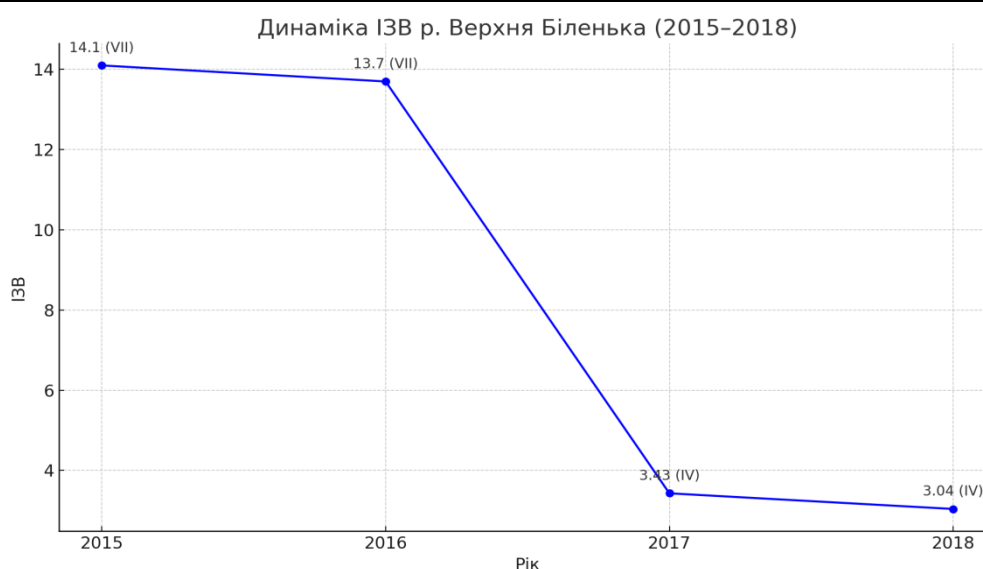


Рис. Динаміка зміни якості води р. Верхня Біленька

Виконані дослідження дозволили проаналізувати екологічний стан води річки Верхня Біленька, та встановити, що за досліджуваний період відбулося покращення якості води (з надзвичайно брудної до забрудненої), що пов'язано зі зменшенням техногенного навантаження на водний об'єкт внаслідок закриття більшості промислових підприємств, розташованих на території її басейну. Але подальше покращення стану річки потребує комплексного підходу, визначення основних напрямків щодо поліпшення стану водних ресурсів регіону і обґрунтування систем рекомендацій, спрямованих на покращення екологічного стану досліджуваного річкового басейну з урахуванням нових викликів, обумовлених воєнними діями.

ВОДА – ОСНОВА ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ ТА ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ

Бакутін О.О., Кравченко І.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Водні екосистеми є критично важливими для існування життя на планеті. Наукові дослідження підтверджують, що перші живі організми виникли в океанах понад 3,5 мільярда років тому, а сьогодні водні середовища зазнають безпрецедентного антропогенного впливу.

Глобальні екологічні дослідження фіксують драматичні зміни в стані водних екосистем. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), кількість виснажених рибних запасів за останні 50 років потроїлася. Більше того, популяції прісноводних риб зменшилися на 76% з 1970 року, що становить серйозну загрозу біорізноманіттю та продовольчій безпеці.

Кліматичні зміни мають катастрофічний вплив на водні середовища. Дослідження показують, що підвищення температури води на 1-2 градуси призводить до зниження темпів росту водних організмів до 30%. Океани, які поглинають понад 25% глобальних викидів CO₂, втрачають здатність виконувати функцію природного регулятора клімату.

Хімічне забруднення становить не менш серйозну загрозу. Щороку у водні середовища потрапляє близько 15 мільйонів тонн поверхнево-активних речовин, з яких приблизно 60% накопичуються в екосистемах. Токсичні речовини, включаючи важкі метали, пестициди та так звані "вічні хімікати", призводять до незворотних змін у водних біоценозах.

Мікропластик став ще однією глобальною проблемою. Наукові дослідження виявляють, що щорічно в океани потрапляє від 4,8 до 12,7 мільйонів тонн пластикових відходів. Частинки мікропластику знаходять навіть у найвіддаленіших екосистемах, включаючи арктичні льодовики та глибоководні западини.

Альтернативні шляхи збереження водних екосистем полягають у застосуванні природних біологічних рішень. Інноваційні біотехнології дозволяють розробляти більш екологічно чисті миючі засоби, ефективніші методи очищення стічних вод та біологічні альтернативи хімічним пестицидам. Пробіотичні технології в аквакультури допомагають зменшити негативний вплив рибного господарства на навколишнє середовище.

Міжнародні наукові спільноти наголошують на необхідності комплексного підходу до вирішення екологічних проблем. Це потребує глобальної співпраці, впровадження інноваційних технологій, зміни промислової практики та індивідуальної відповідальності кожного.

Вода — це не просто ресурс, а основа життя, складна та взаємопов'язана система, яка потребує негайного захисту та раціонального використання. Майбутнє нашої планети безпосередньо залежить від нашої здатності зберегти та відновити водні екосистеми.

MICROBIAL BIOSOLUTIONS FOR SUSTAINABLE AQUACULTURE

Dzhordzh I.E.V., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

As global aquaculture production continues to expand to meet rising seafood demand, the industry faces significant challenges related to water quality degradation, disease outbreaks, and environmental impacts. Evidence suggests that microbial management represents a paradigm shift in aquaculture production systems, potentially enabling sustainable intensification while reducing environmental impacts and antimicrobial usage. Aquaculture has undergone remarkable expansion in recent decades, now providing 51% of global aquatic food production with an output of 94 million tonnes annually (FAO, 2024). This transition from wild-caught to farmed aquatic species represents one of the most significant transformations in global food systems. Conventional approaches to these challenges have relied heavily on chemical treatments, antibiotics, and water exchange - methods that present environmental and public health concerns. The emergence of antimicrobial resistance in aquaculture environments poses a particularly serious threat, with implications for both animal and human health (Santos & Ramos, 2018).

This review examines the scientific evidence for microbial biosolutions as alternative management strategies in aquaculture. These approaches leverage beneficial microorganisms and ecological principles to maintain system health, rather than relying on external chemical inputs. While interest in microbial solutions has grown significantly, a comprehensive analysis of their mechanisms, efficacy, economic implications, and limitations is needed to guide both research and implementation.

Contemporary understanding of aquaculture systems has evolved significantly, with recognition that these environments function as complex microbiomes rather than simple production units. The microbial communities present in these systems influence virtually all aspects of production, including:

- nutrient cycling and waste decomposition;
- oxygen dynamics and respiratory conditions;
- host immunity and disease susceptibility;
- feed utilization and conversion efficiency.

The challenges that plague intensive aquaculture - ammonia accumulation, oxygen depletion, hydrogen sulfide production, and pathogen proliferation - are fundamentally ecological

in nature, arising from imbalances in microbial community structure and function (Martínez-Córdova et al., 2015).

Aquaculture environments undergo predictable patterns of ecological succession, with pioneer communities giving way to more complex assemblages over time. Management interventions can either work with these ecological processes or attempt to override them through chemical means. Evidence suggests that strategies aligned with ecological principles tend to provide more stable and resilient production outcomes.

Bacterial probiotics represent the most widely adopted microbial intervention in aquaculture. While *Bacillus* species dominate commercial formulations due to their spore-forming capabilities and enzymatic activities, the range of probiotic species has expanded significantly based on functional traits. Several bacterial taxa demonstrate capabilities for organic matter decomposition without depleting oxygen resources. Species from genera including *Bacillus*, *Paracoccus*, and *Rhodopseudomonas* can metabolize organic wastes while limiting oxygen consumption or, in some cases, actually producing oxygen through photosynthetic mechanisms. Specialized bacterial communities facilitate nitrogen transformations critical to water quality maintenance. Nitrosomonas and Nitrobacter species convert toxic ammonia to less harmful nitrate through nitrification processes. In anaerobic microsites, denitrifying bacteria convert nitrate to atmospheric nitrogen, providing a complete nitrogen removal pathway (van Rijn et al., 2006).

Probiotic bacteria employ multiple mechanisms to reduce pathogen loads and disease incidence, including:

- competitive exclusion through niche occupation;
- production of antimicrobial compounds;
- quorum sensing disruption;
- biofilm formation;
- immunostimulation of host species.

Recent meta-analyses indicate that probiotic applications reduce mortality in aquaculture species by 30-45% across production systems and cultured organisms.

Biofloc technology represents a more comprehensive approach to microbial management, cultivating suspended aggregates of microorganisms, organic matter, and inorganic particles. These heterogeneous flocs serve multiple functions:

- capture and immobilization of waste nutrients, particularly nitrogen compounds;
- provision of supplementary nutrition to cultured species (contributing 20-30% of protein requirements in some systems);
- creation of probiotic conditions that inhibit pathogen proliferation;
- stabilization of water quality parameters.

Biofloc technology has demonstrated particular success in shrimp aquaculture, reducing feed conversion ratios while simultaneously decreasing water exchange requirements by up to 90% (Emerenciano et al., 2013).

Bacteriophage applications represent an emerging alternative to antibiotics for targeted pathogen control. These viruses specifically infect bacterial hosts, offering several advantages over conventional antimicrobials:

- high specificity for target pathogens without disrupting beneficial microbiota;
- self-replication at infection sites, providing amplifying dosage;
- evolutionary capacity to counter bacterial resistance mechanisms;
- no residues in harvested products.

Field trials with phage therapy demonstrate efficacy against major aquaculture pathogens including *Vibrio parahaemolyticus* (causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease) and *Flavobacterium psychrophilum* (causative agent of rainbow trout fry syndrome) (Kalatzis et al., 2018).

Strategic management of microalgal communities provides another dimension to biosolution approaches. Controlled algal populations serve multiple functions in aquaculture environments:

- oxygen production during photosynthetic periods;
- nutrient assimilation, particularly nitrogen and phosphorus;
- pH stabilization through carbon dioxide consumption;
- provision of natural feed resources for filter-feeding species;
- production of bioactive compounds with probiotic properties.

The "greenwater technique" leveraging these principles has shown particular success in larviculture operations, improving survival rates by 40-60% compared to clear-water systems.

As climate change intensifies, aquaculture faces multiple stressors including higher water temperatures, changing precipitation patterns, and altered pathogen dynamics. Microbial biosolutions offer important adaptation mechanisms:

- temperature-adapted microbial strains that maintain performance under thermal stress;
- enhanced oxygen management capabilities;
- water conservation through improved filtration and recirculation;
- disease resistance through competitive exclusion of emerging pathogens;
- microbial management approaches typically reduce the greenhouse gas footprint of aquaculture operations through;
- reduced energy requirements for water exchange and aeration;
- lower nitrogen emissions through improved nitrogen cycling;
- decreased embedded carbon from reduced feed and chemical inputs.

Life cycle assessments indicate that well-managed microbial systems can reduce carbon footprints by 15-40% compared to conventional intensive systems.

Modern approaches to aquaculture biosolutions increasingly adopt a "One Health" framework that recognizes interconnections between aquatic animal health, environmental sustainability, and human health outcomes.

Improved waste management through microbial processes reduces environmental impacts on surrounding ecosystems, preserving ecosystem services and biodiversity. Water quality monitoring in receiving waters demonstrates significantly lower impacts from facilities employing microbial management strategies. Healthier aquatic microbiomes produce safer food products with reduced chemical residues. Comparative analyses show that products from systems utilizing microbial management typically contain lower levels of environmental contaminants and no detectable antibiotic residues.

Despite significant advances, several important limitations and knowledge gaps remain. The efficacy of microbial products often varies across production systems, species, and environmental conditions. Standardized evaluation protocols and reporting requirements would facilitate more meaningful comparisons and implementation guidance. While outcomes of microbial interventions are increasingly well-documented, the precise mechanisms underlying these effects remain incompletely understood in many cases. Further research on host-microbe and microbe-microbe interactions would enhance product development and application strategies.

Significant knowledge-practice gaps exist, particularly for small-scale producers with limited technical capacity. Simplified protocols and decision-support tools are needed to broaden adoption. The long-term effects of deliberate microbial management on aquaculture system ecology and surrounding environments require further investigation through longitudinal studies.

Microbial biosolutions represent a fundamental paradigm shift in aquaculture production - from fighting natural processes to working with them, from simplification to managed complexity, and from input dependency to ecological resilience. The scientific evidence increasingly supports the efficacy and economic viability of these approaches across diverse production systems and species. As production intensifies to meet growing global demand, the ecological services provided

by managed microbial communities will become even more essential to economic and environmental sustainability. Those who master this microbial management will likely define the next generation of aquaculture leadership, producing more nutrition with less environmental impact through the invisible but essential services of the microbial world.

References:

1. Emerenciano M., Gaxiola G. and Cuzon G. (2013) Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry / DOI: [10.5772/53902](https://doi.org/10.5772/53902)
2. FAO (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome.
3. Kalatzis PG et al. (2018). Bacteriophage Interactions with Marine Pathogenic Vibrios: Implications for Phage Therapy. *Antibiotics (Basel)*. 7(1):15. DOI: 10.3390/antibiotics7010015.
4. Martínez-Córdova et al. (2015). Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: An updated review / DOI: [10.1111/raq.12058](https://doi.org/10.1111/raq.12058)
5. Santos L., Ramos F. (2018) Antimicrobial resistance in aquaculture: Current knowledge and alternatives to tackle the problem. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 52(2), 135-143. DOI: 10.1016/j.ijantimicag.2018.03.010.
6. van Rijn J., Tal Y., Schreier H.J. (2006). Denitrification in recirculating systems: Theory and applications, *Aquacultural Engineering*, 34(3), 364-376. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2005.04.004.

SWOT ANALYSIS OF PESTICIDE USE BY SMALL FARMS AND AGROHOLDINGS

Sohina V.S., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

Challenges associated with pesticide use in Ukrainian agriculture are the following:

- ✓ **Regulatory Framework Gaps:** Ukraine's pesticide regulations remain partially misaligned with EU standards, permitting the continued use of certain substances banned in Europe.
- ✓ **Black Market and Counterfeit Products:** An estimated 25–30% of the pesticide market comprises unregistered or counterfeit products, which often contain prohibited substances, exacerbating health and environmental risks.
- ✓ **Soil and Water Contamination:** Intensive farming regions exhibit significant contamination of agricultural soils and water bodies, adversely affecting long-term soil fertility and aquatic ecosystems.
- ✓ **Inadequate Monitoring Infrastructure:** Systematic monitoring of pesticide residues in food, soil, and water is hindered by insufficient capacity, undermining enforcement efforts.
- ✓ **Knowledge Gaps:** Many small-scale farmers lack formal training in pesticide application techniques, safety protocols, and alternative pest management strategies.
- ✓ **Cross-Border Compliance Issues:** As a major agricultural exporter, Ukraine faces challenges in reconciling international residue standards with local crop protection needs.
- ✓ **Outdated Equipment:** The prevalence of obsolete spraying technology results in inefficient pesticide application and increased environmental drift.
- ✓ **Pest Resistance:** Rising resistance among pests necessitates higher application rates or more frequent treatments.
- ✓ **Biodiversity Decline:** Agricultural areas report reduced populations of pollinators and beneficial insects, threatening ecosystems and productivity.
- ✓ **Improper Disposal Practices:** Inadequate infrastructure for disposing of pesticide containers and expired products leads to environmental contamination.

The SWOT analyzes of pesticide use by small farms and agroholdings are presented in the table below:

	Small Farms	Agroholdings
Strengths	• Lower application volumes: Small farms typically use smaller quantities of pesticides per operation • Potential for more targeted application: Manual application can allow for more precise treatment of affected areas • Adaptability: Can quickly adjust practices based on immediate field observations • Local knowledge: Often have deep understanding of local pest patterns and seasonal variations • Diverse cropping systems: Often have more crop diversity, which can naturally limit pest spread	• Economies of scale: Lower per-unit costs for pesticide purchases • Advanced equipment: Access to precision application technology • Specialized knowledge: Can afford to employ agronomists and pest management specialists • Scientific approach: Can conduct field trials and systematic pest monitoring • Bargaining power: Can negotiate better prices with pesticide suppliers • Quality control systems: Standardized application protocols and safety measures
Weaknesses	• Limited technical knowledge: May lack formal training in optimal pesticide use • Financial constraints: High costs of quality pesticides relative to farm income • Inadequate equipment: Often use basic equipment that may lead to inefficient application • Limited protective gear: May lack proper safety equipment for application • Storage challenges: Often lack proper storage facilities for pesticides • Limited access to newer, safer products: May rely on older, more hazardous pesticides due to cost	• High total volume usage: Large-scale operations often require substantial pesticide quantities • Environmental footprint: Concentrated application can create larger environmental impact zones • Monoculture vulnerability: Large uniform plantings can accelerate pest spread • Management complexity: Coordinating pest management across large areas is challenging • Reduced flexibility: Changes to protocols require systematic implementation
Opportunities	• Certification programs: Can leverage organic or low-pesticide certifications for premium pricing • Cooperative arrangements: Can share equipment and bulk purchase pesticides • Local market advantages: Can market directly to consumers concerned about pesticide use • Extension services: Can benefit from targeted agricultural extension education • Traditional methods integration: Can combine traditional pest management with modern approaches	• Technology integration: Can invest in drones, GPS-guided sprayers, and IoT sensors • Research partnerships: Can collaborate with pesticide manufacturers on field trials • Vertical integration: Can develop relationships throughout the supply chain • Data-driven decisions: Can use big data to optimize pesticide application • International market access: Can meet stringent pesticide residue requirements

Threats	• Regulatory compliance burden: Limited resources to handle paperwork and compliance • Limited buffer capacity: Crop losses from pest damage have higher relative impact • Market access barriers: Difficulty meeting pesticide residue requirements for certain markets • Weather unpredictability: Limited resources to respond to sudden pest outbreaks • Competition from larger producers: Difficult to match economies of scale	• Public scrutiny: Higher visibility makes them targets for environmental criticism • Regulatory changes: Subject to stricter enforcement and compliance monitoring • Resistance development: Large-scale uniform application accelerates pest resistance • Consumer backlash: Growing preference for pesticide-free products • Legal liability: Greater exposure to litigation related to environmental or health impacts
---------	---	--

When comparing the two analyzes, we can see the key differences, which are as follows:

1. Resource Access: Agroholdings benefit from superior access to capital, technology, and expertise, while small farms operate with significant resource constraints but benefit from greater adaptability.
2. Scale Impact: Small farms use less pesticide in total volume but may apply more per unit area due to inefficient equipment. Agroholdings can optimize application rates through precision technology but their sheer scale creates larger environmental impact zones.
3. Knowledge Application: Small farms rely more on traditional and experiential knowledge, while agroholdings leverage scientific and technical expertise.
4. Market Position: Agroholdings have stronger negotiating power with suppliers and can more easily meet international market requirements, while small farms can potentially leverage direct consumer relationships and specialty markets.
5. Adaptation Capacity: Small farms can make rapid changes to practices but have limited financial buffer for mistakes, while agroholdings can absorb financial setbacks but require more time to implement systemic changes.

These considerations lead to obvious conclusions:

- ❖ Complementary Approaches: Each farm type has distinct advantages in pesticide management. Policies should recognize these differences rather than applying one-size-fits-all regulations.
- ❖ Knowledge Transfer Potential: Creating mechanisms for agroholdings to share technical pesticide knowledge with small farms could benefit both sectors through improved environmental stewardship.
- ❖ Technology Accessibility: Making scaled-down precision application technology affordable for small farms would address a critical gap in sustainable pesticide use.
- ❖ Market Differentiation: Small farms may benefit from focusing on low-pesticide or pesticide-free production as a market differentiator rather than competing directly with agroholdings on conventional production.
- ❖ Policy Implications: Regulatory frameworks should account for the different capacities and challenges of each farm type, potentially including technical assistance for small farms and stricter monitoring requirements for agroholdings.

Future Trajectory: The sustainability of agricultural systems will likely depend on both farm types adopting integrated pest management approaches that reduce overall pesticide dependence while maintaining productivity.

РОЛЬ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО РОСЛИННИЦТВА

Моспанова О.А., викладач

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

У світовій практиці на рівень розвитку рослинництва в окремій країні впливає низка факторів, основними з яких є – географічне положення, природні умови, рівень економічного розвитку, державна політика, демографічна ситуація, зовнішні чинники, менталітет нації тощо. Сучасні технології в рослинництві формуються під впливом загальноосвітніх тенденцій, серед яких ключову роль відіграють енергозберігаючі технології.

1. Науково-технічний прогрес робить галузь рослинництва виробництвом індустріального типу. Зростає його капіталоємність, що зумовлює необхідністю зовнішнього фінансування (іпотечні кредити, державні субсидії, підтримка закупівельних цін). Широко впроваджуються точні технології, використовується сучасна техніка, модифіковані сорти, комплексні добрива, високоефективні засоби захисту рослин.

2. Відбувається поступове зниження рівня державної підтримки (скорочення в США і ЄС, збільшення в країнах, що розвиваються), що змушує галузь ставати самодостатньою у фінансовому відношенні.

3. Скорочуються – кількість господарств, працівників галузі, частка ручної праці. Натомість зростає виробництво товарної продукції великими агропідприємствами, збільшується середня площа господарств.

Наслідком цих тенденцій стало широке впровадження енергозберігаючих технологій, що забезпечують отримання високих урожаїв і одночасне зниження витрат енергоресурсів (дизельного палива) в 5-10 разів, праці в 3-5 рази, собівартості зерна і кормів для молочного тваринництва в 2-3 рази. Перехід до таких технологій – яскраво виражена загальносвітова тенденція, що підтверджується прикладами передових агроформувань нашої країни.

Одним із найперспективніших напрямів є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), або дронів. Вони оптимізують керування рослинництвом та суттєво зменшують енергетичні витрати на обробіток полів.

Безпілотних літальні апарати використовуються у сільському господарстві для:

- моніторингу стану посівів,
- внесення добрив та засобів захисту рослин,
- оцінки якості ґрунту,
- картографування полів.

Основні переваги дронів включають зниження витрат ресурсів, підвищення ефективності обробітку та екологічну безпеку. Застосування БПЛА дозволяє суттєво зменшити використання ресурсів, підвищити врожайність і скоротити негативний вплив на довкілля.

Дрони можуть працювати у комплексі з системами точного землеробства, взаємодіяти з іншою сільськогосподарською технікою: передавати дані на

трактори, автоматизовані системи поливу, оптимізувати процеси сівби, збирання врожаю та обробітку ґрунту. Завдяки точному внесенні добрив і засобів захисту рослин технологія дронів допомагає скоротити їх надмірне використання, що знижує рівень забруднення довкілля. Безпілотники та розроблені під використання агротехнології вирощування культур з урахуванням сильних сторін і особливостей рослин змінюють галузь рослинництва загалом.

Значимість дослідження підтверджує, що енергозберігаючі технології відіграють ключову роль у підвищенні ефективності аграрного сектору. Зокрема, застосування БПЛА та точного землеробства дозволяє:

- оптимізувати використання ресурсів,
- знизити фінансові витрати на виробництво,
- підвищити екологічну безпеку рослинництва,
- адаптувати аграрну галузь до змін клімату та зростаючого попиту на продовольство.

Отже, дрони для сільського господарства повністю трансформують звичні підходи до обробки земель, як і моніторингу володінь: можна встигнути зробити набагато більше за менший час, а головне оптимізувати роботу на ділянці, незалежно від її площі.

Використання дронів в комплексі з іншими енергозберігаючими технологіями дозволяють отримувати високі врожаї хорошої якості. З подальшим розвитком технологій їх роль у точному землеробстві буде лише зростати, що сприятиме підвищенню ефективності аграрного сектору в умовах глобальних викликів.

Література

1. Гоголь Т.І. Енергозбереження в аграрному секторі: сучасні тенденції та перспективи розвитку // Науковий вісник аграрної економіки. – 2023. – №2. – С. 15–23.
2. Коваленко О.В. Використання точного землеробства для оптимізації агровиробництва // Вісник аграрної науки. – 2022. – №4. – С. 30–37.
3. Петренко М.С., Іванченко Л.П. Безпілотні літальні апарати в агротехнологіях // Інноваційні технології у сільському господарстві. – 2023. – Т. 5. – С. 112–120.

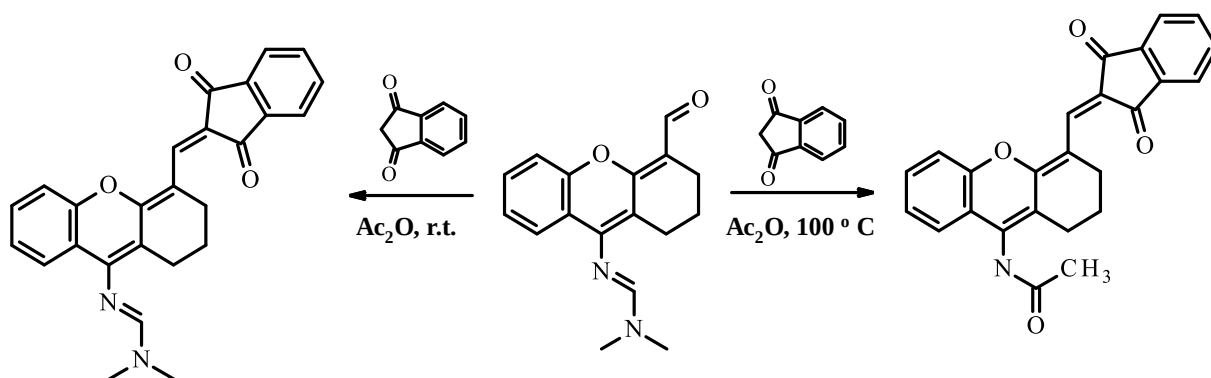
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ СИНТЕЗУ КСАНТЕНОВИХ БАРВНИКІВ ДЛЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Демидович В.М., Варениченко С.А., Фарат О.К.

Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

Ксантенові барвники є важливими компонентами в різних галузях, таких як текстильна промисловість, фармацевтика, поліграфія та електроніка. Вони здобули популярність завдяки своїм яскравим кольорам, стабільності та широкому спектру застосувань. Однак, процес їх синтезу часто супроводжується складними хімічними реакціями та потребує удосконалення методів виробництва для зниження витрат і покращення якості продукту.

Реакцією *N*-(4-форміл-2,3-дигідро-1*H*-ксантен-9-іл)-*N,N*-диметилімідоформаміду з неактивними СН-кислотами в залежності від умов реакції може бути синтезовано нові ксантенові барвники з амідним чи амідновим замісником у 9-му положенні. Показано на прикладі взаємодії з індантіоном. Аналогічні результати були отримано з такими СН-кислотами як малонітрил, ацетооцтовий естер, димер малонітрилу, кислота Мельдруму, барбітурова кислота, димедон, (1-фенілетиліден)малонітрил, [1-(4-нітрофеніл)етиліден]малонітрил. Варіювання замісників у 4-му та 9-му положеннях ксантенового каркасу дозволяє селективно впливати на фотофізичні властивості синтезованих сполук.



Результати показують, що запропоновані методи синтезу можуть стати перспективними для впровадження у промислове виробництво.

ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО МИСЛЕННЯ НА ЗАНЯТТЯХ ФІЗИКИ

Решітник Ю.В., к. ф.-м. н., доцент, Ільницька К.С., к. п. н., доцент
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Освіта сталого розвитку (ОСР) набуває особливого значення в умовах глобальних екологічних, соціальних та економічних викликів, таких як зміна клімату, вичерпання природних ресурсів, соціальна нерівність, техногенні катастрофи та зростання міграційних процесів. У цьому контексті освіта розглядається не лише як інструмент передачі знань, а як ключовий чинник формування нового типу мислення – екологічно свідомого, відповідального та орієнтованого на довгострокові наслідки.

Європейські країни демонструють сталі системні підходи до інтеграції принципів сталого розвитку на всіх рівнях освіти – від дошкільної до післядипломної. Зокрема, у країнах Північної Європи ОСР є невід’ємною частиною освітніх стандартів, програм та навчальних матеріалів. На державному рівні розробляються стратегії екологічної освіти, що супроводжуються фінансовою підтримкою інноваційних проєктів, навчанням учителів, створенням інтерактивних освітніх платформ.

Серед ключових освітніх тенденцій в контексті ОСР можна виділити акцент на міждисциплінарність, коли теми сталого розвитку інтегруються в різні предмети, а не вивчаються ізольовано. Також важливим є розвиток критичного мислення учнів, здатності аналізувати складні соціо-еколого-економічні проблеми та шукати інноваційні шляхи їх розв’язання. Широко застосовується проєктна діяльність, у рамках якої здобувачі освіти досліджують локальні екологічні питання, розробляють рішення та презентують їх перед громадою. Особлива увага приділяється практичному застосуванню знань у повсякденному житті – від енергозбереження до участі в екологічному волонтерстві.

В українському контексті спостерігається поступове впровадження ідей освіти сталого розвитку як у формальну, так і в неформальну освіту. На рівні формальної освіти триває оновлення державних стандартів, освітніх програм та підручників з урахуванням екологічної, соціальної та економічної складової сталого розвитку. Наприклад, у Державному стандарті базової середньої освіти передбачено формування у здобувачів освіти екологічної компетентності, що передбачає усвідомлення екологічних основ природокористування, необхідності охорони природи, дотримання правил поведінки на природі, ощадливого використання природних ресурсів, розуміння контексту і взаємозв’язку господарської діяльності і важливості збереження природи для забезпечення сталого розвитку суспільства [1].

У цьому контексті важливим є також неформальний освітній простір, який відіграє ключову роль у формуванні екологічної свідомості та практичних навичок сталого способу життя. На регіональному та локальному рівнях активно реалізуються ініціативи, спрямовані

на розвиток екологічної свідомості та відповідального ставлення до довкілля. Органи місцевого самоврядування, громадські організації, освітні установи та міжнародні партнери співпрацюють у проведенні тематичних проєктів, конкурсів, «зелених» акцій. Важливою є діяльність екологічних гуртків у школах, де учні займаються моніторингом стану навколишнього середовища, створюють екоініціативи в шкільному просторі (наприклад, сортування відходів, озеленення територій, зменшення пластикового забруднення).

У сфері неформальної освіти поширюється практика проведення освітніх курсів, тренінгів, воркшопів для педагогів, студентів та учнів з тематики сталого розвитку, кліматичних змін, енергоефективності, циркулярної економіки. Значну популярність набувають екологічні табори, молодіжні форуми, шкільні хаби, де молодь не лише отримує нові знання, а й навчається співпраці, лідерству та ініціюванню змін у своїх громадах. Позитивним є також розвиток цифрових платформ, де освітяни можуть знайти методичні матеріали, ігри, інтерактивні вправи та кейси для роботи з темами сталого розвитку.

У цьому контексті особливого значення набуває включення принципів сталого розвитку в навчання природничих дисциплін, зокрема фізики, яка має значний потенціал для формування екологічної свідомості та відповідального ставлення до довкілля. Заняття фізики можуть стати ефективним інструментом реалізації ідей ОСР, адже саме через природничі науки учні отримують цілісне уявлення про закономірності функціонування природи та вплив людської діяльності на довкілля.

Фізика, як фундаментальна наука, дозволяє учням не лише глибше зрозуміти закони природи, а й усвідомити їхній зв'язок із техногенними впливами на довкілля. Теми, пов'язані з енергією, електрикою, тепловими процесами, радіацією, відновлюваними джерелами енергії тощо, мають потужний потенціал для формування екологічної та енергетичної грамотності. Інтеграція таких питань у зміст занять сприяє розвитку критичного мислення, навичок аналізу й оцінювання наслідків людської діяльності для довкілля.

Важливим є також впровадження інноваційних методів навчання: проєктної діяльності, моделювання, STEM-підходів, аналізу реальних кейсів, використання цифрових ресурсів. Зокрема, здобувачі освіти на заняттях фізики досліджували енергоефективність побутових приладів, моделювали екологічні наслідки надмірного енергоспоживання, аналізували роботу альтернативних джерел енергії тощо.

Таким чином, заняття з фізики, доповнені екологічною та соціальною проблематикою, сприяють формуванню в учнів системного бачення взаємозв'язків між наукою, технологіями, суспільством і довкіллям. Це відповідає сучасним підходам освіти для сталого розвитку та забезпечує підготовку молодого покоління до активної участі у створенні безпечного, екологічно відповідального майбутнього.

Література

1. Державний стандарт базової середньої освіти. URL: <https://lss.ac/XtIRd7>

ЕНЕРГІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ: ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ШТУЧНОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗУ

Новіков В.М., Новікова С.Ю.

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Електростанції сьогодення базуються на трьох основних джерелах енергії: традиційному викопному паливі, процесі ядерного поділу атомів або ж на екологічно чистих відновлюваних ресурсах, таких як енергія вітру та води. Спільним для всіх цих типів електростанцій є принцип виробництва електроенергії, що полягає у перетворенні механічної енергії обертання турбін в електричну. У майбутньому ж революційним

джерелом енергії може стати штучний ядерний синтез, який здатен забезпечити людство енергією без викидів парникових газів та утворення небезпечних радіоактивних відходів.

Мета та завдання дослідження - оцінити поточний рівень досягнень у галузі контрольованого термоядерного синтезу. Методологією вивчення теми є огляд результатів експериментів на існуючих та споруджуваних термоядерних установках, проведення пошуку та аналізу наукових публікацій, статей у відкритих джерелах, що стосуються штучного ядерного синтезу.

Термоядерний синтез є джерелом енергії Сонця та зірок. У величезній температурі та гравітації в ядрі цих зоряних тіл ядра водню стикаються, зливаються у важчі атоми гелію та в процесі вивільняють величезну кількість енергії.

Наука про термоядерний синтез двадцятого століття визначила, що найефективнішою реакцією синтезу в лабораторних умовах є реакція між двома ізотопами водню, дейтерієм (D) та тритієм (T). Реакція синтезу DT забезпечує найбільший приріст енергії при «найнижчих» температурах.

Для досягнення синтезу в лабораторії необхідно виконати три умови: дуже висока температура (близько 150 000 000° Цельсія); достатня щільність частинок плазми (для збільшення ймовірності зіткнень); та достатній час утримання (для утримання плазми, яка має схильність до розширення, в межах визначеного об'єму).

Експериментальна машина, призначена для використання енергії синтезу – токамак. Термін «токамак» походить від аббревіатури, що означає «тороїдальна камера з магнітними котушками». Усередині токамака енергія, що виробляється в результаті синтезу атомів, поглинається у вигляді тепла в стінках резервуара. Як і звичайна електростанція, термоядерна електростанція використовуватиме це тепло для виробництва пари, а потім електроенергії за допомогою турбін і генераторів.

Один із найамбітніших енергетичних проєктів у світі - ITER («Шлях» в перекладі з латинської мови). З моменту виникнення ідеї спільного міжнародного експерименту з термоядерного синтезу в 1985 році тисячі інженерів та вчених з 35 країн зробили свій внесок у проєктування ITER. На півдні Франції (Сен-Поль-ле-Дюранс) вони співпрацюють на будівництві найбільшого у світі токамака. Експериментальна кампанія, яка буде проведена в ITER, має вирішальне значення для розвитку науки про термоядерний синтез та підготовки шляху для термоядерних електростанцій майбутнього.

В Хефей, провінція Аньхой, Китай, 20 січня 2025 року експериментальний вдосконалений надпровідний токамак (EAST), який часто називають китайським «штучним сонцем», досяг значної наукової віхи, підтримуючи стаціонарний режим роботи плазми високого обмеження протягом вражаючих 1066 секунд. Прорив, досягнутий Інститутом фізики плазми (ASIPP) Хефейського інституту фізичних наук (HFIPS) Китайської академії наук (CAS), значно перевершує попередній світовий рекорд у 403 секунди, який також був встановлений EAST у 2023 році.

12 лютого установка WEST, токамак на півдні Франції, змогла підтримувати плазму рекордно довгий час - 1337 секунд при температурі 50 мільйонів градусів. Реактор WEST побив рекорд ядерного синтезу, встановлений Китаєм лише кілька тижнів тому. Він обійшов його на цілих 25%.

Каліфорнійська компанія TAE Technologies представила прототип термоядерного реактора під назвою Norm, який, за їхніми словами, здатен залишити позаду всі попередні розробки в цій сфері, про це у квітні 2025 року пише Nature Communications. Розробка обіцяє революцію в енергетиці: установка, яка нібито виробляє в сто разів більше енергії та коштує вдвічі дешевше за існуючі аналоги. Компанія TAE заявляє про прорив у ключовій проблемі термоядерного синтезу – досягненні ефективності, потужності та економічної доцільності.

За твердженням розробників, Norm демонструє значно вищу продуктивність при одночасному зниженні собівартості.

Головною інновацією установки є застосування конфігурації зі зворотним полем (FRC), яка дозволяє утримувати плазму без використання громіздких магнітів, характерних для токамаків. За даними ТАС, реактори на основі FRC можуть мати в сто разів вищу продуктивність порівняно зі звичайними токамаками з подібними характеристиками.

За планами компанії, цей реактор Norm має довести життєздатність виробництва чистої енергії, а це вже безпосередній етап перед повноцінною комерціалізацією. Втім, слід пам'ятати: попри багатообіцяльні результати, Norm – це все ще прототип. Реальний прорив обіцяє відбутися з запуском першої електростанції ТАС, яка отримає назву Da Vinci. Якщо все піде за планом, її мають ввести в експлуатацію на початку 2030-х.

Висновок. Термоядерний синтез розглядається як потенційне джерело чистої, безпечної та майже невичерпної енергії для світу. Однак, наразі ключовою перешкодою є досягнення самопідтримуваної реакції, оскільки енергетичні витрати на її ініціацію та підтримку часто перевищують вихідну енергію. Наразі в напрямку науково-дослідної роботи, спрямованої на подовження часу стабільного горіння плазми, спостерігається прогрес. Але тим не менш, для практичного впровадження термоядерної енергетики необхідно розв'язати три фундаментальні проблеми: демонстрація реакції з позитивним виходом енергії, забезпечення її стабільності протягом тривалого часу та доведення комерційної доцільності технології.

Література

1. What is ITER? What is a tokamak? URL: https://web.archive.org/web/20180123114447mp_/https://www.iter.org/proj/inafewlines (дата звернення: 30.04.2025).
2. Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences. Chinese "Artificial Sun" Achieves New Record in a Significant Milestone Toward Fusion Power Generation (Jan 21, 2025). URL: https://english.hf.cas.cn/nr/bth/202501/t20250121_899051.html (дата звернення: 30.04.2025).
3. У Франції побили китайський рекорд термоядерного синтезу, перетнувши "вирішальний рубіж" (25.02.2025) https://24tv.ua/tech/tokamak-west-vstanoviv-noviy-rekord-frantsiyi_n2761526 (дата звернення: 01.05.2025).
4. «Новий термоядерний реактор настільки крутий, що може перевершити все, що ми досі бачили» (30.04.2025) URL: https://24tv.ua/tech/noviy-termoyaderniy-reaktor-norm-mozhe-stati-prorivom-chistiy_n2811055 (дата звернення: 01.05.2025).

MODERN METHODS OF MECHANICAL TREATMENT AND UTILIZATION OF SEWAGE SLUDGE

Liashchenko O.A., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

Sewage sludge is an inevitable byproduct of wastewater treatment, generated in large quantities from both municipal and industrial sources. Due to its high moisture content (typically 95–99%), organic matter, pathogens, and potential contaminants (e.g., heavy metals, microplastics, and persistent organic pollutants), sludge management poses significant environmental and economic challenges. Mechanical treatment methods reduce sludge volume, improve handling, and enable safe disposal or resource recovery.

Recent advances in mechanical sludge treatment technologies emphasize strategies for dewatering, conditioning and subsequent disposal of industrial and domestic sewage sludge.

Dewatering Techniques. Mechanical dewatering is essential for reducing sludge volume, lowering transportation costs, and facilitating thermal or biological treatment. Recent studies highlight the following methods:

Centrifugation

- Principle: High-speed rotation separates solids from liquid via centrifugal force.
- Performance: Achieves 20–30% dry solids content, depending on sludge type.
- Advantages: Compact design, high throughput, and automation compatibility.
- Limitations: High energy consumption and wear from abrasive particles.
- Recent Innovations: Variable-speed decanter centrifuges improve energy efficiency.

Belt Filter Presses

- Principle: Sludge is squeezed between porous belts under increasing pressure.
- Performance: Produces 15–25% dry solids, suitable for municipal sludge.
- Advantages: Lower energy use than centrifuges and easy operation.
- Limitations: Struggles with oily or fibrous industrial sludge; requires chemical conditioning.
- Recent Improvements: Advanced belt materials reduce clogging.

Screw Presses

- Principle: A rotating screw gradually compresses sludge against a screen.
- Performance: Achieves 18–22% dry solids with low energy input.
- Advantages: Quiet, low maintenance, suitable for small-to-medium plants.
- Limitations: Lower dryness compared to centrifuges.
- Innovations: Hybrid screw-filter presses enhance dewatering.

Conditioning and Pre-Treatment. Mechanical dewatering efficiency depends on sludge conditioning to break down extracellular polymeric substances (EPS) and improve water release.

Ultrasonic and Microwave Treatment

- Mechanism: Ultrasonic waves (20–40 kHz) disrupt sludge flocs, while microwaves (2.45 GHz) heat water molecules, weakening EPS.
- Effectiveness: Increases dewaterability by 15–30%.
- Advantages: No chemical additives, reduces pathogen levels.
- Challenges: High energy demand; optimal parameters vary by sludge type.

Chemical Conditioning

- Common Agents: Cationic polyelectrolytes (e.g., polyacrylamide), ferric chloride, lime.
 - Impact: Reduces specific resistance to filtration (SRF) by neutralizing sludge charges.
 - Drawbacks: Chemical costs and residual toxicity in dewatered sludge.
 - Emerging Solutions: Bio-based flocculants (e.g., chitosan) reduce environmental impact.
- A diagram of current ways of using or utilizing sewage sludge is shown in the figure.

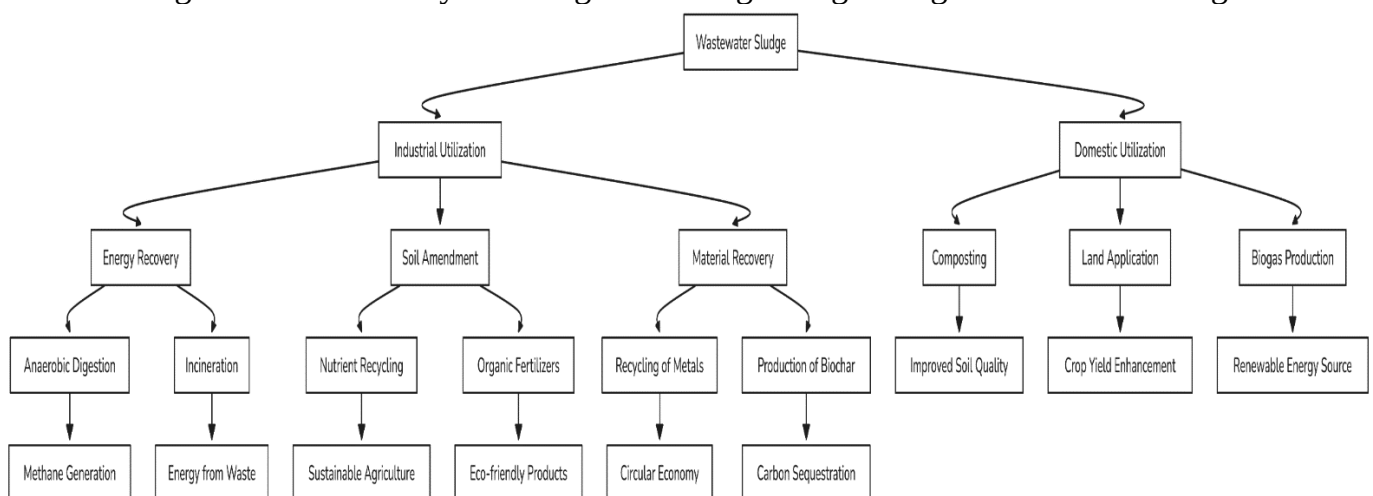


Figure - Modern ways of using and utilizing sewage ludge

The main proposals can be divided into the following areas:

Agricultural Use

Composting

- Process: Aerobic digestion stabilizes sludge into humus-rich compost.
- Benefits: Reduces pathogens, recycles nutrients (N, P, K).
- Challenges: Heavy metals and microplastics may limit use.
- Recent Trends: Co-composting with lignocellulosic waste improves quality.

Thermal Drying for Biosolids

- Methods: Direct/indirect dryers reduce moisture to <10%.
- Outcome: Produces Class A biosolids (EPA, 2023), safe for farmland.
- Energy Considerations: Solar drying and waste heat recovery improve sustainability.

Energy Recovery

Anaerobic Digestion (AD)

- Biogas Yield: 60–70% methane, with 300–500 m³/ton VS.
- Pre-Treatment: Mechanical disintegration (e.g., high-pressure homogenization) boosts biogas by 20%.

Incineration with Energy Recovery

- Efficiency: Reduces mass by 90%; heat generates electricity.
- Pollution Control: Requires advanced flue gas cleaning for heavy metals/dioxins. Industrial

Applications

Pyrolysis and Gasification

- Products: Biochar (soil amendment), syngas (fuel), and bio-oil.
- Advantages: Destroys pathogens and microplastics.

Material Recovery

- Phosphorus Extraction: Struvite precipitation recovers P for fertilizers.
- Metal Recovery: Electrokinetic methods extract Cu, Zn, and Ni.

Challenges and prospects for the future include contaminant removal (PFAS and microplastics require deep oxidation or thermal degradation); energy efficiency (dewatering systems optimised with AI can reduce costs; and circular economy (integration of mechanical, biological and thermal processes maximises resource recovery).

Mechanical treatment is indispensable for sustainable sludge management. Innovations in dewatering, conditioning, and hybrid systems enhance efficiency, while utilization pathways (agriculture, energy, materials) align with circular economy goals. Future research should focus on contaminant removal and low-energy processes.

References:

1. <https://www.epa.gov/biosolids/basic-information-about-sewage-sludge-and-biosolids>
2. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/sewage-sludge_en

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ ОСАДЖЕННЯ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ІОНІВ АМОНІЮ ЗІ СТІЧНИХ ВОД

Лістрова Д.С. здобувач 3 курсу бакалавріату, гр. ПЕО-22д, к.пед.н, доц. Золотарьова О. В.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Хімічна галузь є одним з основних водоспоживачів у промисловості. Сучасні крупні хімічні підприємства використовують до 1 млн. м³ води на добу. Бурхливе зростання хімічної промисловості, збільшення асортименту та підвищення якості хімічних продуктів вимагає збільшення кількості використовуваної води.

Якість використовуваної води обумовлюється вимогами технологічного процесу та типом обладнання. На хімічних підприємствах використовують різну воду: річкову, фільтровану, коагульовану, охолоджену, частково або повністю знесолену, питну та ін. Вода в хімічній промисловості застосовується в якості сировини, розчинника, реакційного

середовища, екстрагента або абсорбенту, транспортуючого агенту, для нагрівання і охолодження продуктів і апаратури, створення вакууму та ін. Витрата свіжої води на підприємстві визначається видом продукції, потужністю підприємства, досконалістю технологічного процесу виробництва, типом використовуваного обладнання, ступенем автоматизації виробництва.

Екологічно безпечне водокористування передбачає збалансований вплив господарської діяльності людини на стан водних ресурсів з метою мінімізації втручання в природні процеси розвитку водних екосистем. Проблеми, пов'язані з впровадженням нових технологій з метою раціонального використання водних ресурсів та очищення стічних вод, є без сумніву надзвичайно актуальними.

В останні роки спостерігається значне підвищення вимог до вмісту іонів амонію в воді природних водоймищ. Зокрема, гранично допустима концентрація іонів амонію в водних об'єктах господарсько-питного та господарсько-побутового водокористування України становить $2,0 \text{ мг/дм}^3$, а в рибогосподарських об'єктах вищої, I-ої та II-ої категорій – $0,39 \text{ мг/дм}^3$. Дотримання таких жорстких вимог можливе лише за умови підвищення ефективності видалення сполук азоту зі стічних вод, які скидаються в водоймища.

На сьогоднішній день на багатьох хімічних підприємствах існує проблема виділення іонів амонію зі стічних вод. Наявність іонів амонію в воді в концентраціях понад 1 мг/дм^3 знижує здатність гемоглобіну риб зв'язувати кисень. Потрапляючи до водоймищ, амонійний азот, стимулює розвиток синьо-зелених водоростей, відбувається евтрофікація (цвітіння) водоймищ. Внаслідок масового гниття водоростей у воді з'являється сірководень, меркаптани, феноли та інші токсичні продукти, зникає кисень, вода стає «мертвою». Таким чином, перевищення концентрації іонів амонію є згубним для всього живого, в першу чергу для риб.

Існуючі методи очищення та переробки азотовмісних стічних вод мають високу собівартість, що обмежує їх промислове застосування. Сучасні перспективні методи виділення та утилізації іонів амонію зі стічних вод є наукоємними, а ще недостатньо вивчені. Однак саме за допомогою цих методів у майбутньому вдасться значно знизити високі економічні витрати на промислове використання даних технологій.

Одним із перспективних методів очищення стічних вод хімічних підприємств від іонів амонію є їх осадження в вигляді нерозчинної сполуки – магнійамонійфосфату, що використовується в якості мінерального добрива. Дана технологія представляє інтерес перш за все для підприємств, що виробляють азотні добрива.

PHASE EQUILIBRIA IN THE Fe-25Al-Ti-C SYSTEM

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

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

Fe-Al-based alloys are attractive materials for structural applications at high temperatures, e.g., for blades for stationary turbines, because of their low density compared to other Fe based materials such as cast iron, stainless steel, good corrosion and wear resistance, and comparatively low costs. Therefore, Fe-Al-based alloys are being considered to replace Cr-containing steels and possibly also polycrystalline Ni-based superalloys as high-temperature structural materials for certain applications. However, mechanical properties, such as creep resistance, high-temperature strength, and ductility at room temperature still need to be improved, which is a major barrier to their commercial use for structural purposes. Therefore, further development of alloys is necessary to improve these properties. Many reports indicate that by alloying and proper thermomechanical processing, the above difficulties can be overcome, and Fe₃Al based alloys with adequate properties can be developed [1, 2]. Several alloying concepts focusing on, e.g., coherent or incoherent

intermetallic precipitates, carbides or borides, solid solution strengthening, or ordering have been employed over the years to develop new iron aluminide alloys with improved properties. However, the control of these properties for alloy design largely depends on knowledge of the respective phase diagrams. We recently studied phase equilibria in the ternary Fe-Al-Cr [3], Fe-Al-V [4] and Fe-Al-Mo [5, 6] systems. The present work is a continuation of the series of works on the experimental study of phase equilibria in Fe-Al-based systems and is devoted to the study of the quaternary Fe-Al-Ti-C system.

The samples weighing 3 g were prepared from pure bulk components Fe (99.9 wt%), Al (99.995 wt%), Ti (99.9 wt%) and graphite C (99.8 wt.%) 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. Prepared samples were examined with optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM) in JEOL Superprobe-733 microscope in back-scattered electrons. Differential thermal analysis (DTA) was carried out with VDTA-8 technique (high-temperature differential thermal analyzer). The samples for DTA were placed in Al_2O_3 crucibles. The experiments were carried out in argon or helium atmosphere with 99.998 % purity on as-cast samples. The rate of heating / cooling was 5-20°C/min. X-ray diffraction (XRD) was performed from cross sections in 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.

To analyze the phase equilibria in the Fe-25Al-Ti-C quaternary system, 12 as-cast alloys with 2, 5 and 10 at.% C were studied. Based on the results of the work, the liquidus and solidus surfaces were constructed (Fig. 1).

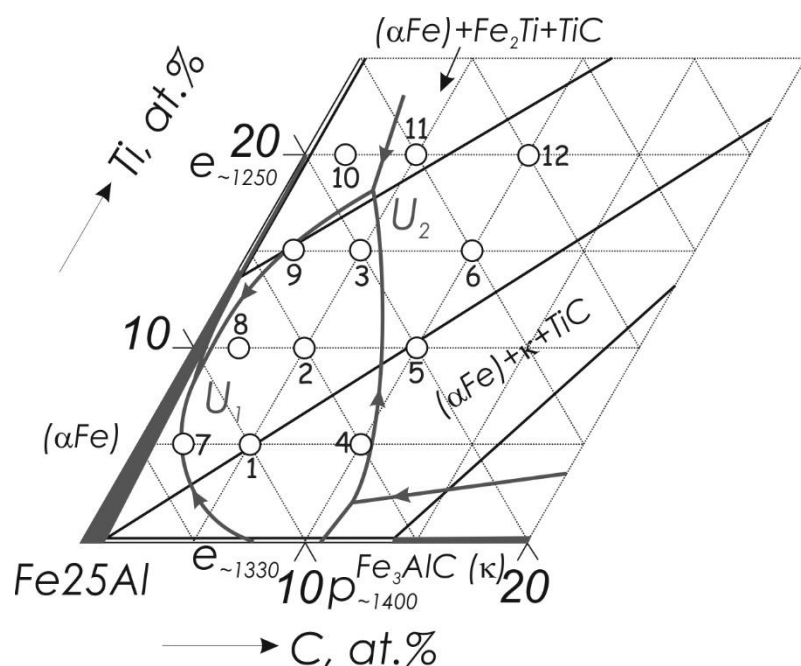


Fig. 1. Schematic phase diagram of the Fe-25Al-Ti-C system:

○ – composition of the investigated alloys

Thus, the liquidus projection of the Fe-25Al-Ti-C quaternary system (Fig. 1) in the studied concentration region is characterized by presents of the fields of primary solidification of the component-based solid solution (αFe), the binary phases TiFe_2 , TiC and ternary compound Fe_3AlC (κ). The solidus projection comprises two invariant reaction planes (tie-triangles). They are form by transition type equilibria.

The alloys #1-4, 7-9 are located in the field of primary crystallization of the Fe_3AlC (κ) phase. After primary crystallization of κ in these alloys, the (αFe)-phase crystallizes and then binary ($\kappa + (\alpha\text{Fe})$) eutectic forms. In the alloy #10 is located in the field of primary crystallization of the

Fe₂Ti phase. The remaining alloys are located in the field of primary crystallization of the TiC phase.

Acknowledgments. The work was supported by the National Research Foundation of Ukraine (project no. 2021.01/0278 “Development of scientific and technological bases for the creation of new materials based on Fe-Al intermetallics with increased resistance and heat resistance to ensure efficient operation and environmental safety in the nodes of energy and transport engineering”).

References

1. Palm M., Stein F., Dehm G. Iron aluminides. Annual Review of Materials Research. 49(1) (2019) 297-326.
2. Tolochyn O., Tolochyna O., Bagliuk G., Yevych Y., Danylenko V., Podrezov Y. Mechanical behavior of powdered iron aluminide Fe–28Al manufactured by direct powder forging. Intermetallics. 175 (2024) 108537.
3. Ezemenaka D., Phiri A., Khvan A., Cheverikin V., Fartushna I., Dinsdale A. An experimental investigation of phase transformations in the Al-rich corner of the Al-Cr-Fe system, J. Alloys Compd. 808 (2019) 151692.
4. Fartushna I., Samelyuk A., Meleshevich K., Tikhonova I., Novichenko V., Bulanova M. An experimental investigation of phase transformations in the Al-Fe-V system, Mater. Char. 205 (2023) 113277.
5. Fartushna I., Bega M., Novychenko N., Bulanova M. Phase equilibria in the Al–Fe–Mo system. Calphad. 85 (2024) 102693.
6. Fartushna I., Witusiewicz V., Samelyuk A., Bulanova M. Thermodynamic re-modeling of the binary Al–Mo and ternary Al–Fe–Mo systems based on novel experimental data. Journal of Materials Science. 59(38) (2024) 18159-18195.

ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИСТЕМІ Al-Nd-Ni

Фартушна Ю.В. д.х.н., ст. досл., Уткін С.В. к.х.н., Самелюк А.В.,

Судацова В.С. д.х.н., проф., Буланова М.В. д.х.н., с.н.с.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича

Національної академії наук України

Сплави Al-R-ПМ (R – рідкісноземельний елемент, ПМ = перехідний метал) особливо цікаві своєю здатністю утворювати металеві стекла, які демонструють хороші механічні характеристики, що поєднують високу міцність і пластичність. Ці сплави мають чудову корозійну та термостійкість, що робить їх хорошими кандидатами для використання як захисні покриття в авіаційній та космічній промисловості. Сплави Al-R-Ni також цікаві для застосування в магнітному охолодженні завдяки їхньому великому магнітокалоричному ефекту. Крім того, Al є додатковим елементом у сплавах на основі RNi₅ для зберігання водню. Проте відсутність даних про фазові діаграми відповідних систем через їх складну топологію внаслідок існування великої кількості бінарних та тернарних сполук значно ускладнює розробку таких матеріалів. Зокрема, для системи Al-Nd-Ni опубліковано лише фрагмент ізотермічного перерізу при 600 °C (0–33.3 ат.% Nd) [1] і визначено кілька потрібних сполук. В роботі [2] представлено фрагменти проекції поверхні ліквідусу та двох ізотермічних перерізів при 700 і 600 °C в Al-куті системи, а також два вертикальні розрізи по ізоконцентрах 3 ат.% Nd і 93 ат.% Al. Авторами [3] проведено термодинамічний опис системи Al-Nd-Ni, який, однак, суттєво відрізняється від наших даних, оскільки базується на вкрай обмежених експериментальних даних. Тому, в даній роботі нами проведено систематичне дослідження фазових рівноваг в системі Al-Nd-Ni у всій області концентрацій при кристалізації і при температурі 700 °C.

Вихідними матеріалами для дослідження були метали високої чистоти: Al – 99,995 % (мас.), Nd – 99,9 % (мас.), Ni – 99,9 % (мас.). Сплави готували в електродуговій печі з вольфрамовим електродом, що не витрачається, на мідному поді з водяним охолодженням в захисному середовищі аргону (99,998 %). Термічну обробку при температурах 600 і 700 °С проводили в муфельній печі SNOL 7.2/1100, в кварцових трубках, заповнених аргонном (99,998%). Перед відпалом кожен зразок був загорнутий у Мо фольгу. Для проведення мікроструктурного дослідження зразки шліфували на абразивних паперах SiC різної зернистості, а потім полірували водною суспензією Cr_2O_3 . Отримані зразки атестували методами оптичної мікроскопії (оптичний мікроскоп MIM-7) і сканувальної електронної мікроскопії (CEM) на приладах JEOL Superprobe-733, Axia ChemiSEM та JEOL-Superprobe JXA-8200. Мікроструктуру вивчали переважно в режимі відбитих електронів. Склад фаз визначали методом локального рентгеноспектрального аналізу (ЛРСА). Диференційний термічний аналіз (ДТА) проводили на приладі ВДТА-8 (високотемпературний диференціальний термічний аналізатор) з термопарою W/W-Re. Зразки для ДТА поміщали в тиглі із Al_2O_3 . Експерименти проводили в атмосфері гелію з чистотою 99,998 %. Швидкість нагрівання/охолодження становила 5-10 °С/хв. Метод рентгенівської дифракції використовували для ідентифікації фаз. Дослідження проводили методами порошкової дифракції на приладах Rigaku та ДРОН-3 у фільтрованому випромінюванні $\text{CuK}\alpha$ та $\text{CoK}\alpha$, відповідно. Фази ідентифікували шляхом порівняння експериментальних рентгенограм з еталонними або теоретичними з використанням програмного пакету PowderCell.

Для встановлення фазових рівноваг у потрійній системі Al-Nd-Ni досліджено більше 50 сплавів в литому та відпаленому при 600 та 700 °С протягом 1000 годин станах. За результатами дослідження вперше побудовано проекції поверхонь ліквідусу та солідусу, а також ізотермічний переріз системи Al-Nd-Ni при 700 °С у всьому діапазоні концентрацій, який наведено на рис. 1. Пунктирними лініями на рис. 1 позначені границі фаз, які потребують додаткових експериментальних досліджень.

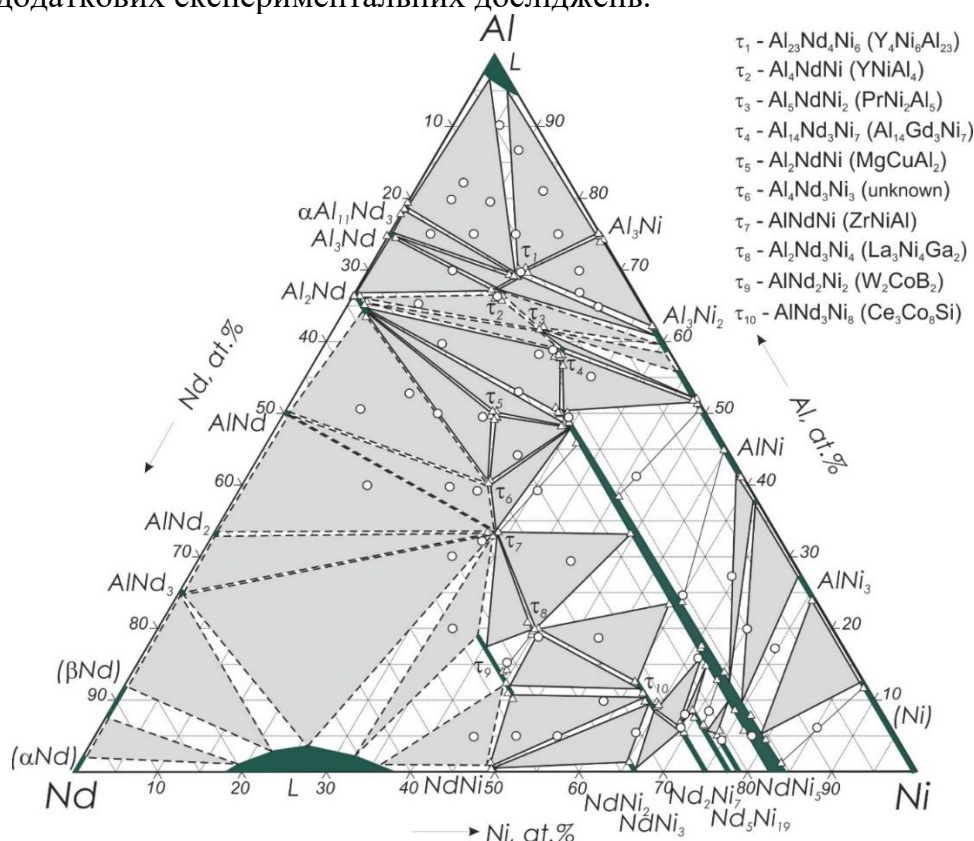


Рис. 1. Ізотермічний переріз системи Al-Nd-Ni при 700 °С:
○ – склад сплавів, Δ – дані ЛРСА

При 700 °С встановлено наявність десяти потрібних сполук: $\text{Al}_{23}\text{Nd}_4\text{Ni}_6$ (τ_1 , структурний $\text{Y}_4\text{Ni}_6\text{Al}_{23}$), Al_4NdNi (τ_2 , структурний тип YNiAl_4) Al_5NdNi_2 (τ_3 , структурний тип PrNi_2Al_5), $\text{Al}_{14}\text{Nd}_3\text{Ni}_7$ (τ_4 , структурний тип $\text{Al}_{14}\text{Gd}_3\text{Ni}_7$), Al_2NdNi (τ_5 , структурний тип MgCuAl_2), $\text{Al}_4\text{Nd}_3\text{Ni}_3$ (τ_6 , невідомий), AlNdNi (τ_7 , структурний тип ZrNiAl), $\text{Al}_2\text{Nd}_3\text{Ni}_4$ (τ_8 , структурний тип $\text{La}_3\text{Ni}_4\text{Ga}_2$), AlNd_2Ni_2 (τ_9 , структурний тип W_2CoB_2) та AlNd_3Ni_8 (τ_{10} , структурний тип $\text{Ce}_3\text{Co}_8\text{Si}$). Зазначимо, що сполуки $\text{Al}_4\text{Nd}_3\text{Ni}_3$ (τ_6) та $\text{Al}_2\text{Nd}_3\text{Ni}_4$ (τ_8) нами знайдено вперше і вперше встановлено кристалічну структуру сполуки $\text{Al}_2\text{Nd}_3\text{Ni}_4$ (τ_8) як моноклінну ($m\text{S}18\text{-C}2/m$) з параметрами ґратки $a = 10,0950 \text{ \AA}$, $b = 4,1769 \text{ \AA}$, $c = 8,2851 \text{ \AA}$, $\beta = 98,68^\circ$. При температурах солідусу ($\sim 500^\circ\text{C}$) в Nd-куті системи нами знайдено ще дві потрібні сполуки складу $\text{Al}_2\text{Nd}_5\text{Ni}_2$ та AlNd_4Ni , кристалічну структуру яких поки не встановлено. Показано, що фаза NdNi_5 має протяжну область гомогенності і розчиняє 53 та 50 ат. % Al при температурах солідусу і 700°C , відповідно. Потрібні фази τ_9 та τ_{10} також мають деякі області гомогенності. Потрібні сполуки Al_3NdNi_2 та $\text{Al}_{2.3}\text{NdNi}_{2.7}$, про які повідомляється в [1] ймовірно є частиною області гомогенності фази NdNi_5 .

Література

1. Rykhal R.M. Isothermal section at 600°C of Neodymium–Nickel–Aluminum ternary system in the range of 0–33.3 at% of Nd, *Dopov. Akad. Nauk Ukr. RSR, Ser. A Fiz. Mat. Tekhn. Nauk.* 41 (1979) 1057–1059.
2. Godecke T., Sun W., Luck R., Lu K. Metastable Al–Nd–Ni and Stable Al–La–Ni Phase Equilibria, *Z. Metallkd.* 92(7) (2001) 717–722.
3. Liao J., Liao Y., Wang H., Zhang L., Ma Y. Thermodynamic optimization of the Ni–Al–Nd ternary system. *Calphad.* 64 (2019) 16–22.

ОБМІН КАЛЬЦІЮ І ФОСФОРУ В КІСТКОВІЙ ТКАНИНІ ТВАРИН

Кіральгазі М. М., Проказа Є. М.

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Для забезпечення виконання своїх біологічних функцій різні типи сполучної тканини повинні мати специфічні властивості, серед яких механічна міцність є однією з найважливіших. Особливо це стосується кісткової тканини, що виконує не лише структурну, а й захисну функцію. Її міцність забезпечується високим вмістом мінеральних речовин, передусім — солей кальцію та фосфору, що кристалізуються у складі міжклітинної речовин.

Кісткова тканина є особливим видом спеціалізованої сполучної тканини, яка виконує опорну, захисну, резервуарну, метаболічну та навіть ендокринну функції. Вона формує скелет хребетних тварин, який надає тілу форму, забезпечує стабільність і дозволяє здійснювати рухи завдяки прикріпленню соматичних м'язів до кісток. Окрім механічної підтримки, кісткова система виконує функцію депо мінералів — у ній зберігається велика частка фосфору, кальцію, магнію, фтору, натрію та калію [1].

Близько 97–99% усього кальцію, який є в організмі, локалізується саме в кістковій тканині. Така концентрація обумовлює її головну роль у підтриманні мінерального обміну. У сухій масі кісток мінеральні речовини займають 65–70%, а решта припадає на органічну частину. Остання складається із колагенових остеїнових волокон, остеомукоїду та клітинного елемента: остеобластів (синтез кісткової тканини), остеоцитів (зрілі клітини), остеокластів (резорбція кістки) [2].

Кальцій і фосфор у складі кістки представлені у вигляді стабільних кристалів гідроксиапатиту, що формують жорсткий матрикс. Ці кристали у тисячі разів перевищують концентрацію кальцію і фосфору в міжклітинній рідині, що забезпечує високий механічний потенціал кісток. При цьому кісткова тканина постійно оновлюється: формування нових

кісткових структур та розщеплення старих — це динамічний баланс, що регулюється клітинними популяціями та гормональними механізмами.

Процес утворення кристалів у кістковому матриксі можливий лише тоді, коли концентрація іонів кальцію та фосфору в міжклітинному середовищі перевищує 3,3 ммоль/л. Якщо цей показник зростає вище 5 ммоль/л, може виникати патологічне відкладення солей у м'яких тканинах — стан, відомий як позаскелетний кальциноз. З іншого боку, при зниженні концентрацій мінералів порушується мінералізація, і розвиваються захворювання, пов'язані зі зниженням щільності кісток.

Кальцій має не лише структурну, а й функціональну роль: він бере участь у згортанні крові, активації ферментів, м'язових скороченнях, передачі нервових імпульсів. Його нестача спричиняє гіпокальціємію, яка може проявлятися судомми, м'язовою слабкістю, тремором. Особливо небезпечним є дефіцит кальцію для лактуючих тварин, оскільки значна частина мінералу виводиться з молоком.

Фосфор, у свою чергу, є невід'ємною частиною АТФ, РНК, ДНК, фосфоліпідів. Разом із кальцієм він бере участь у формуванні буферних систем організму, забезпечує сталість кислотно-лужного балансу. Порушення обміну одного з елементів неминуче тягне за собою зміни в метаболізмі іншого.

Ключовим місцем абсорбції кальцію є тонкий кишечник. Всмоктування залежить від рівня активного вітаміну D₃ (кальцитріолу), який стимулює синтез кальцій-зв'язуючих білків у слизовій оболонці. Натомість надлишок фосфору в кишечнику пригнічує всмоктування кальцію, сприяючи розвитку вторинної гіпокальціємії. З віком цей процес послаблюється, що підвищує ризик остеопенічних станів.

У нирках відбувається зворотне всмоктування (реабсорбція) кальцію, що знижує його втрати з сечею. Фосфор же, навпаки, виводиться інтенсивніше. При дефіциті кальцію організм мобілізує мінерали з кісткової тканини, що супроводжується вторинною фосфатурією — підвищеним виведенням фосфору.

Гомеостаз фосфору переважно регулюється нирками, але його концентрація в плазмі крові значною мірою залежить від потреб у кальції. При тривалих порушеннях рівноваги розвиваються системні зміни — зокрема, порушення кісткоутворення, ламкість кісток, зміни щільності, порушення росту.

До гострих порушень обміну мінералів відносять гіпокальціємію, яка найчастіше виникає у великої рогатої худоби в період отелення. Симптомами є млявість, втрата апетиту, парези, можливі коматозні стани. Своєчасна допомога — внутрішньовенне введення кальцію — дозволяє врятувати життя тварини. Хронічні порушення проявляються у вигляді рахіту, остеомалачії, остеопорозу, фіброзної остеодистрофії, остеосклерозу. Вони супроводжуються викривленням кінцівок, болем, кульгавістю, погіршенням росту молодняка. При остеопорозі зростає ризик переломів навіть при незначних навантаженнях [3].

На ранніх стадіях захворювань ефективною є профілактична корекція годівлі: балансування співвідношення Ca:P, забезпечення вітаміном D₃, додавання мінеральних преміксів. Окрім цього, надзвичайно важливими є систематичний вплив ультрафіолетового випромінювання (природного або штучного), що сприяє синтезу активної форми вітаміну D₃ в шкірі, та регулярний активний моціон тварин, який покращує обмін речовин і стимулює природну мінералізацію кісткової тканини. При хронічних деформаціях кісток лікування має обмежену ефективність. Саме тому превентивні заходи — аналіз кормів, біохімічний контроль, ветеринарний моніторинг, достатнє освітлення і рухова активність — мають першочергове значення.

Окрім годівлі, важливою складовою профілактики мінеральних порушень є правильна організація утримання тварин. Наявність природного освітлення, щоденний

вигул, адекватна вентиляція приміщень та зниження стресових впливів (різка зміна корму, щільне утримання, температурні коливання) позитивно впливають на мінеральний обмін. Відомо, що ультрафіолетове випромінювання активує синтез вітаміну D₃ у шкірі, який, своєю чергою, є незамінним для засвоєння кальцію в тонкому кишечнику. Таким чином, дефіцит сонячного світла в зимовий період або при стійловому утриманні значно підвищує ризик розвитку рахіту та остеомалії.

Додаткове включення до раціону мінеральних добавок (трикальційфосфат, монокальційфосфат, крейда, сіль) у поєднанні з вітамінними препаратами (вітаміни D₃, А, Е) дозволяє забезпечити потреби організму в критичні фази росту. Премікси, що містять біодоступні форми мікро- і макроелементів, також використовуються для профілактики мінеральної недостатності. У дорослих високопродуктивних тварин (молочні корови, свиноматки в період лактації) потреба в кальції та фосфорі значно зростає. У разі виявлення порушень необхідне негайне коригування раціону — введення додаткових джерел кальцію та фосфору, вітамінів групи D.

Важливо розуміти, що навіть незначне, але тривале порушення мінерального обміну може призвести до незворотних наслідків — уповільнення росту, хронічних захворювань опорно-рухового апарату, зниження продуктивності, підвищення падежу. Особливо небезпечно це у господарствах з інтенсивною технологією утримання, де тварини постійно перебувають під впливом продуктивного стресу.

Таким чином, забезпечення повноцінного кальцієво-фосфорного обміну є не лише ветеринарною, а й економічною необхідністю. Збалансоване годування, оптимальні умови утримання, доступ до світла, своєчасна діагностика та грамотна профілактика — це основа здорового скелету, високої продуктивності та довголіття тварин.

Література

1. Єфімов О. М. Біохімія тварин з основами фізіології. — Київ: Агроосвіта, 2019. — 232 с.
2. Петренко І. М. Обмін кальцію і фосфору у великої рогатої худоби: фізіологія і патологія // Вісник аграрної науки. — 2021. — №6. — С. 34–39.
3. Кравченко Л. А. Вплив дефіциту мікроелементів на формування кісткової тканини у молодняка тварин // Тваринництво України. — 2020. — №5. — С. 20–25.

ЗАСОБИ ЗАХИСТУ РОСЛИН В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Р.В. Бондар, завідувач навчальної лабораторії, викладач,

Г.О. Криклицев, студент спеціальності 201 Агрономія

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

В останні роки країни Європейського Союзу та інші розвинуті держави значну увагу приділяють питанням захисту навколишнього середовища, здоров'я людей і добробуту тварин. Важливим аспектом цієї стратегії є підтримка екологізації сільського господарства, що особливо відображено в Спільній аграрній політиці ЄС, орієнтованій на досягнення довгострокової продуктивності аграрного сектору та збереження екосистем. У зв'язку з цим, особливого значення набуває розвиток органічного сільськогосподарського виробництва, яке динамічно поширюється у багатьох країнах світу, включаючи Україну.

Органічне землеробство відрізняється від традиційного підходом до захисту рослин, адже відмовляється від використання хімічно синтезованих пестицидів і добрив, щоб забезпечити екологічну безпеку продуктів. Основна мета органічного сільського господарства — отримання високоякісної продукції без токсичних залишків хімікатів. Це досягається за допомогою комплексу профілактичних та природних методів захисту рослин, спрямованих на зміцнення стійкості культур до шкідників і хвороб.

Захист рослин в органічному землеробстві ґрунтується на принципах, визначених Міжнародною федерацією екологічного землеробства (IFOAM) та регламентованих стандартами Європейського Союзу. Використовувані засоби поділяються на кілька основних груп залежно від їх походження та цільового призначення.

Речовини рослинного і тваринного походження:

- азадирахтин- екстракт з азадирахти індійської, застосовується як інсектицид проти шкідливих комах;
- бджолиний віск - використовується для захисту ран дерев після обрізки;
- лецитин - природний фунгіцид, що зменшує поширення грибкових інфекцій;
- рослинні олії (м'ятна, ялицева, кминна) - слугують інсектицидами та акарицидами, захищають від комах і кліщів;
- піретрини- природні інсектициди з рослини *Chrysanthemum cinerariaefolium*.

Мікроорганізми та речовини, вироблені ними:

- спіносад- біологічний інсектицид, що дозволяє контролювати шкідників без шкоди для корисних комах;
- мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби) - використовуються для природного контролю патогенних організмів і шкідників.

Засоби для пасток та дозувальних пристроїв:

- феромони-приваблюють шкідників у пастки або перешкоджають їх розмноженню;
- піретроїди (дельтаметрин, лямбдацигалотрин) - використовуються лише в пастках, що забезпечує контроль шкідників без надмірного застосування хімічних речовин.

Препарати на основі міді:

- сполуки міді, як-от сульфат, хлорид і гідроксид міді, часто використовуються як фунгіциди для захисту плодових дерев, виноградників та овочів від грибкових інфекцій. Дозування таких засобів суворо регулюється для уникнення надмірного накопичення міді в ґрунті.

Речовини на основі сірки та кальцію:

- сірка - природний фунгіцид та акарицид, ефективний у боротьбі з різноманітними хворобами сільськогосподарських культур, зокрема яблунь, винограду, динь.
- полісульфід кальцію- використовується для обприскування плодових дерев проти шкідників і хвороб.

Олії та інші мінеральні речовини:

- парафінова та мінеральна олії -інсектоакарициди для обробки дерев ранньою весною, що захищають від зимуючих фаз шкідників;
- калійне мило - натуральний інсектицид, ефективний проти попелиць.

Європейське законодавство встановлює чіткі обмеження щодо використання засобів захисту в органічному землеробстві, які відображені у регламентах ЄС №834/2007 та 2092/91/EWG.

Отже, органічне землеробство передбачає комплексний підхід до захисту рослин, який базується на підтримці природного балансу та використанні екологічно чистих методів. Такий підхід сприяє не лише отриманню безпечних та корисних продуктів, але й захисту навколишнього середовища. Органічні засоби захисту рослин є запорукою збереження екосистеми та сприяють сталому розвитку сільського господарства, тому їх впровадження є важливим кроком у збереженні здоров'я планети.

Література

1. Засоби захисту для органічного вирощування: які дозволені спеціальним Регламентом ЄС? режим доступу <https://www.growhow.in.ua/zasoby-zahystu-dlya-organichnogo-vyroshhuvannya-yaki-dozvoleni-spetsialnym-reglamentom-yes/>
2. Використання засобів захисту рослин в органічному землеробстві, режим доступу В. Сергієнко, канд. с.-г. наук, / Журнал «Пропозиція», №6, 2019 р. <https://propozitsiya.com.ua/vikoristannya-zasobiv-zahistu-roslin-v-organichnomu-zemlerobstvi>
3. Захист рослин від шкідників і хвороб в органічному сільському господарстві, режим доступу <https://organni.com/plant-protection-in-organic/>
4. Біопрепарати в органічному землеробстві, режим доступу https://agro-market.net/ua/news/gardening/biopreparaty_v_organicheskom_zemledelii/?srltid=AfmBOor0ere3vjagyM8JKVLgQrBXUoxZT5q5CITvV9OztKcjQhy6WZXI

КОНТРОЛЬ БУР'ЯНІВ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Р.В. Бондар, завідувач навчальної лабораторії, викладач,

І.І. Височин, студент спеціальності 201 Агрономія

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*

Органічне землеробство стає все більш популярним завдяки своїй орієнтації на збереження екологічної рівноваги та сталого розвитку агроєкосистем. Важливою складовою цього підходу є раціональне управління бур'янами, які можуть завдавати шкоди врожаю, але водночас виконують важливі екологічні функції.

Запобіжні заходи відіграють важливу роль у боротьбі з бур'янами в органічному землеробстві. Ефективність цих методів значною мірою залежить від виду бур'яну та умов навколишнього середовища. Ось основні запобіжні заходи, що регулярно застосовуються:

Вибір культур і сортів: високостеблові рослини та сорти з широкими листками краще конкурують з пізніми бур'янами.

Мульчування: бур'янам складно отримати достатню кількість світла через шар мульчі; сухий твердий матеріал довше зберігає свою ефективність.

Рослинний покрив: покривні культури конкурують з бур'янами за світло, поживні речовини та воду; бобові рослини, як десмодіум (*Desmodium uncinatum*), знижують чисельність бур'янів роду *Striga* та фіксують азот.

Сівозміна: зміна умов вирощування культур порушує умови проростання бур'янів; сівозміна ефективна у боротьбі з насінням і корінням бур'янів.

Спільне вирощування культур (змішане вирощування культур і підпокровний посів): вирощування швидкорослих культур пригнічує розвиток бур'янів; наприклад, спільне вирощування маніоки з вигною та гарбузом знижує чисельність бур'янів.

Строки та густина посіву: оптимальні умови вирощування сприяють розвитку культури та покращують її здатність конкурувати з бур'янами.

Збалансоване внесення добрив: сприяє оптимальному росту культури, що зменшує негативний вплив бур'янів на її розвиток.

Методи обробітку ґрунту: мінімальна обробка може збільшити вплив бур'янів. Видалення бур'янів перед посівом допомагає зменшити їх вплив.

Випасання худоби: чергування випасу великої рогатої худоби з випасом овець і кіз забезпечує більш ефективний контроль бур'янів.

Застосування цих запобіжних заходів допомагає підтримувати популяцію бур'янів на рівні, що не завдає шкоди врожаю та сприяє стабільному розвитку органічного землеробства.

Біологічна боротьба з бур'янами в Україні включає використання природних ворогів, таких як комахи, гриби та інші організми.

Фітопатогенні організми: мають високу специфічність і застосовуються шляхом обприскування. Мушка фітоміза (*Phytomyza orobanchia*) знищує вовчок (*Orobanchia ramosa* L.). Контроль амброзії полинолистої - використовують амброзієву совку (*Tarachidia candefacta*) та амброзієвого листоїда (*Zygogramma saturalis*).

Фітопестициди та фітогербіциди: включають алелопатичне прополювання і використання сидератів, таких як гірчиця біла, редька олійна та ріпак. Можуть знизити рівень бур'янів у наступних культурах на 35-40%.

Гриби: іржа (*Puccinia svalbolescens*) знищує осот рожевий; фузаріумвовчковий (*Fusarium orobanche*) уражує вовчок; гриб *Alternaria* обмежує ріст повитиць.

Мікогербіциди: біогербіцид *Collega* на основі *Colletotricum* sp. забезпечує загибель до 95% бур'янів.

Використання дельта-амінолевулінової кислоти (АЛА): під впливом світла викликає утворення активних радикалів, що знищують рослини.

Віруси: викликають нарости на суцвіттях бур'янів, передаються через кореневу систему.

Інші методи: використання птахів, риб для знищення бур'янів; соляризація ґрунту накриванням мульчуючою поліетиленовою плівкою.

Механічна боротьба включає:

Ручне прополювання: використання інструментів для викопування, зрізування та виривання бур'янів з корінням до їх цвітіння і формування насіння.

Вогнева прополка: нагрівання рослин до температури 100°C і вище для коагуляції білків у листках та розриву клітинних стінок. Метод дорогий через використання великої кількості газу.

Ці методи залишаються важливими, особливо у критичні періоди початку сезону вирощування культур, хоча є трудомісткими та дорогими.

Контроль бур'янів в органічному землеробстві базується на екологічно безпечних методах, таких як фітопестициди, мікогербіциди та біологічні антагоністи. Механічні методи, як ручне прополювання та вогнева прополка, залишаються важливими інструментами. Інтеграція біологічних та механічних методів забезпечує ефективний та екологічний контроль бур'янів, сприяючи сталості органічного землеробства.

Література

1. Органічне сільське господарство. ОРГАНІ.КАМ, режим доступу: <https://organni.com/category/organic/>

2. Контроль бур'янів в органічному сільському господарстві. М. Капшик – «ХІМЛАБОРРЕАКТИВ», режим доступу: <https://apk.hlr.ua/articles/kontrol-sornyakov-v-organicheskom-selskom-hozyajstve>

3. Як боротися з бур'янами в органічному землеробстві – досвід. //Агроном. режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/yak-v-organichnomu-gospodarstvi-boryutsya-z-bur-yanamy-dosvid/>

4. Писаренко В. М. Система органічного землеробства агроєколога Семена Антонця / В. В. Писаренко, А. С. Антонєць, Г. В. Лук'яненко, П. В. Писаренко; наук. ред.. Писаренко В. М. – П., 2017. – 124с

ЦИФРОВІ КЛАСТЕРИ

Романюк О.Н.¹, д.т.н., проф., Майданюк В.П.¹, к.т.н., доцент, Рейда О.М.¹,

Ціхановська О.М.², к.е.н., доцент

¹ *Вінницький національний технічний університет*

² *Вінницький навчально-науковий інститут економіки Західноукраїнського національного університету*

Цифрові кластери [1-6] — це об'єднання підприємств, наукових установ, стартапів, ІТ-компаній і державних структур, що спеціалізуються на розробці, впровадженні та комерціалізації цифрових технологій. Основна їхня характеристика — висока інноваційність, гнучкість до змін і орієнтація на розвиток індустрії 4.0, цифрової економіки, штучного інтелекту, кібербезпеки, хмарних обчислень та обробки великих даних. Такі кластери сприяють пришвидшенню цифрової трансформації бізнесу, формують екосистему для стартапів і підтримують перенесення новітніх розробок у практичну площину. Вони зосереджені переважно в містах з потужними університетами, технопарками, коворкінгами та підтримкою з боку уряду чи ЄС. Цифрові кластери часто виступають майданчиками для експериментального тестування технологій, трансферу технологій та експорту інноваційних послуг на глобальні ринки.

Цифрові кластери відіграють ключову роль у розвитку сучасної економіки, оскільки сприяють концентрації інноваційного потенціалу, ефективній взаємодії бізнесу, науки та влади, а також створенню сприятливого середовища для цифрової трансформації. В Україні одним з найуспішніших прикладів є Lviv IT Cluster, який об'єднує понад 200 компаній і активно реалізує освітні, інфраструктурні та аналітичні проекти. У столиці функціонує Kyiv IT Cluster, що підтримує стартапи, розвиває ІТ-освіту та просуває цифрові сервіси для міста. Dnipro IT Community фокусується на східному регіоні, організовуючи технічні заходи, хакатони та навчальні програми, а Kharkiv IT Cluster активно працює з університетами і створює спільні ініціативи для підготовки фахівців.

На міжнародному рівні прикладом світового масштабу є Кремнієва долина в США, яка поєднує провідні технологічні компанії, інвесторів і наукові центри. У Європі вирізняється Sophia Antipolis у Франції, що спеціалізується на телекомунікаціях та біотехнологіях, та Кембриджський кластер у Великій Британії, орієнтований на штучний інтелект і робототехніку. У Німеччині активно розвивається ініціатива Digital Hub, яка підтримується на державному рівні та охоплює низку регіональних цифрових хабів з різною спеціалізацією. Таким чином, цифрові кластери стають центрами інновацій, експериментів і сталого економічного розвитку як в Україні, так і у світі.

Особливості функціонування цифрових кластерів полягають у високому рівні взаємодії між учасниками, відкритості до інновацій, та гнучкості організаційних структур. Основою їхньої діяльності є співпраця між ІТ-компаніями, університетами, дослідницькими інститутами, стартапами та державними інституціями. Такі кластери функціонують на засадах мережевої моделі управління, де відсутній єдиний центр контролю, а ключову роль відіграє координаційна платформа або асоціація, яка забезпечує взаємодію учасників, підтримку проектів і залучення інвестицій. Важливою особливістю є інноваційна спрямованість кластерів — вони стимулюють створення нових продуктів і сервісів, тестування експериментальних рішень, трансфер знань і комерціалізацію наукових розробок. Велику увагу приділяють розвитку людського капіталу: реалізуються спільні освітні програми, менторство, сертифікації та підвищення кваліфікації. Кластери також часто формують єдину інфраструктуру — технопарки, коворкінги, дата-центри, платформи для цифрових сервісів. Крім того, цифрові кластери активно взаємодіють з міжнародними партнерами, беруть участь у європейських і глобальних програмах (наприклад, Horizon Europe), а також формують регіональну і національну політику в сфері цифровізації. Їхня

діяльність часто має експортну спрямованість, орієнтуючись на глобальні ринки ІТ-послуг і продуктів. Така система функціонування забезпечує динамізм, високу адаптивність до змін і стійкий розвиток цифрової економіки.

Цифрові кластери зазвичай мають горизонтальну структуру — співпраця тут базується на добровільності, спільному баченні та взаємовигідній взаємодії, а не на жорсткій ієрархії. Це сприяє вільному обміну ідеями, швидкому тестуванню гіпотез і впровадженню нових технологій, таких як штучний інтелект, блокчейн, інтернет речей, доповнена реальність тощо. Важливим аспектом є також роль держави і муніципалітетів, які не втручаються в безпосереднє управління кластером, але забезпечують нормативну, інфраструктурну та інвестиційну підтримку. Наприклад, створення сприятливого податкового клімату, розвиток ІТ-освіти, побудова технологічних парків і запуск грантових програм стимулює активність усіх учасників.

Ще одним ключовим аспектом цифрових кластерів є їхня роль як каталізаторів трансформації не лише ІТ-сектору, а й традиційних галузей економіки. Завдяки цифровим рішенням, що розробляються в межах кластерів, відбувається модернізація промисловості, сільського господарства, охорони здоров'я, освіти, транспорту тощо. Таким чином, цифрові кластери сприяють комплексному переходу до цифрової економіки і змінюють саму модель функціонування суспільства.

Особливу роль відіграє також міжнародна інтеграція. Учасники кластерів активно залучаються до міжнародних консорціумів, інвестиційних фондів, акселераторів, програм технічної допомоги. Це дає змогу стартапам з малого регіону вийти на глобальні ринки за допомогою партнерських програм, спільного R&D або участі в іноземних виставках і конкурсах інновацій. Також важливо, що цифрові кластери мають позитивний вплив на соціальні та культурні процеси. Вони створюють висококваліфіковані робочі місця, підвищують престиж технічної освіти, змінюють імідж регіону, роблячи його привабливим для інвесторів і молодих спеціалістів. Кластери активно підтримують менторство, залучають школярів і студентів до участі в ІТ-проєктах, розвивають екосистему STEM-освіти. У деяких випадках цифрові кластери навіть впливають на міську політику — наприклад, розробляючи цифрові сервіси для громадян, концепції smart city або інтеграцію відкритих даних.

Таким чином, цифрові кластери є не лише економічними утвореннями, а стратегічними структурами нового типу, які об'єднують знання, технології, людей і капітал для створення інноваційного, динамічного і конкурентоспроможного суспільства.

Література

1. Кузьмін О. Є., Мельник О. Г. Цифрова економіка та її формування в Україні. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. – 284 с.
2. Андрущенко В. П., Гладун Ю. Д. Цифрові трансформації економіки: стратегія, кластери, моделі. Київ: Інформ.-аналіт. агентство, 2021. – 248 с.
3. European Commission. Clusters and the Future of the EU's Digital Economy. Brussels: Publications Office of the European Union, 2020. – 52 p.
4. Porter M. E. Clusters of Innovation: Regional Foundations of U.S. Competitiveness. Harvard Business School Press, 2021. – 198 p.
5. Резнік Н. П., Литвиненко Я. С. Інноваційно-цифрові кластери в економічному зростанні регіонів. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. – 196 с.
6. OECD. Business Clusters: Promoting Enterprise in Central and Eastern Europe. Paris: OECD Publishing, 2020. – 138 p.

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РАМКАХ ПІДГОТОВКИ ЗДОБУВАЧІВ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

Кислий Б. І., Жарікова І. В., к.т.н., доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки

На сьогодні велику актуальність мають завдання автоматизації різних етапів моделювання, планування, технічної підготовки та виконання технологічних процесів (ТП) у багатьох галузях промисловості, зокрема й у сфері приладобудування [1-3].

На основі проведеного аналізу предметної області предметом розробки обрано програмний засіб (ПЗ), який реалізує обчислювальні алгоритми для проведення лабораторних занять здобувачів технічних закладів освіти з дисциплін, пов'язаних з дослідженням параметрів автоматизованих ТП.

Сучасна освітня практика у сфері автоматизації ТП та програмування передбачає активне використання інженерних розрахунків під час виконання лабораторних і практичних робіт. Однак, у більшості випадків, ці розрахунки виконуються вручну або з використанням універсальних калькуляторів, що не враховують специфіку методичних вказівок і не дозволяють легко адаптуватися до змін навчального матеріалу.

У той же час, студенти протягом навчання набувають навичок програмування, що відкриває можливість створення власних програмних засобів для спрощення розрахункової частини робіт. Тож набуває особливої актуальності розробка спеціалізованого ПЗ, адаптованого до конкретної спеціальності. Таке ПЗ дасть змогу студентам вводити необхідні параметри, отримувати результати в зручній для аналізу даних формі, а також легко редагувати або розширювати програму відповідно до оновлень методичних вказівок з технічних дисциплін. Відкритий похідний код, розміщений у загальнодоступному репозиторії, забезпечить гнучкість і можливість колективної розробки.

У процесі аналізу існуючих рішень для визначення параметрів автоматизованих ТП приладобудівної галузі було розглянуто три основні підходи: використання калькуляторів, власних програмних засобів і письмових розрахунків. Кожен із них має свої переваги та недоліки, що безпосередньо впливають на зручність, точність та ефективність виконання обчислень у навчальному процесі.

Калькулятори залишаються одним із найбільш популярних і зручних інструментів завдяки своїй стабільності та відносній гнучкості у використанні. Вони дозволяють швидко вводити числові значення й отримувати результат, не потребуючи складних налаштувань або додаткового програмування. Однак за потреби повторення певних розрахунків виникає необхідність кожного разу самостійно переписувати формули вручну, що не лише знижує ефективність, а й підвищує ризик помилок.

Студенти також можуть розробляти власні програмні проекти, які можуть забезпечити максимальну гнучкість і адаптованість до конкретних потреб. Вони дозволяють зберігати структуру формул, автоматизувати процес введення змінних і отримання результатів, а також уникати зайвого переписування одних і тих самих виразів. Такий підхід значно заощадить час і знизить імовірність помилок під час повторних обчислень. Проте основним недоліком є те, що такі інструменти потребують створення студентом, що вимагає певних навичок програмування та витрат часу. Окрім того, на етапі формування функціоналу ПЗ існує ризик допущення додаткових помилок, які залежать від уважності та компетентності розробника.

Письмові розрахунки є найбільш трудомістким процесом, а також суттєвим недоліком є висока ймовірність помилок через людський фактор, особливо в умовах обмеженого часу та/або втоми.

Загалом, аналіз показує, що найперспективнішим напрямом є створення власного програмного забезпечення, яке дозволяє об'єднати зручність автоматизації з гнучкістю налаштування під специфічні навчальні потреби. Попри те, що його впровадження потребує початкових зусиль, такі рішення у довгостроковій перспективі є найбільш ефективними та корисними для студентів.

Майбутній інтерфейс розроблюваного ПЗ наведено на рис. 1.

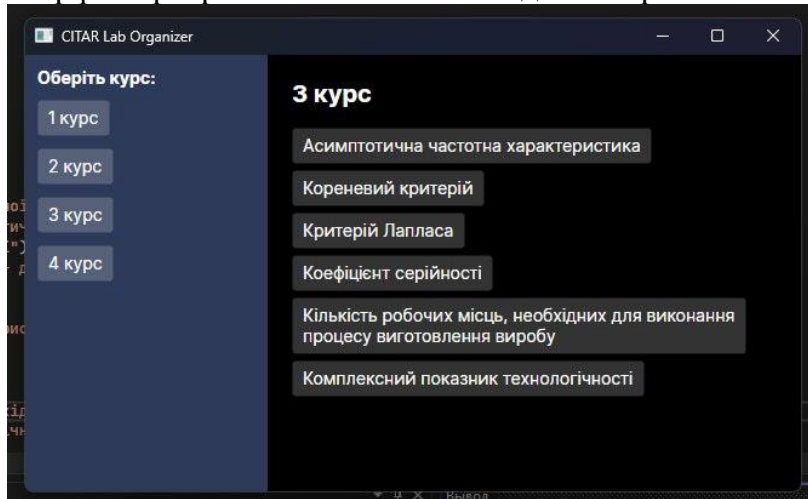


Рис. 1. Інтерфейс розробленого програмного забезпечення

У ПЗ буде передбачено виконання таких функцій:

- розрахунок параметрів автоматизованих ТП згідно зі специфікою методичних вказівок до лабораторного практикуму здобувачів освіти;
- автоматичне створення графіків і діаграм, необхідних для виконання завдань лабораторних робіт;
- покроковий перегляд розрахунків параметрів автоматизованих ТП.

Відкритий характер розробки, передбачений проєктом, дозволяє у майбутньому доповнювати функціонал, адаптувати програму до інших дисциплін або специфіки технічного обладнання, що використовується у закладі освіти. Це робить програмний засіб потенційно корисним не лише в межах окремого навчального курсу, а й як частину ширшої цифрової освітньої екосистеми.

Таким чином, створення ПЗ для визначення параметрів автоматизованих ТП не лише відповідає сучасним вимогам до навчального процесу, а й сприяє підвищенню якості інженерної підготовки студентів.

Література

1. Igor Nevliudov, & et al. (2021). Automation of Mathematical Modeling of Physical and Technological Processes in the Electronic Devices Manufacture. Proceedings of the XII International Scientific Conference «Functional Basis of Nanoelectronics» – Odessa, September 20-24, 74-77.
2. Боцман І.В. Автоматизація процесу реконструювання параметрів технологічного процесу виготовлення гнучких структур // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку. – Черкаси, 12-18 березня 2018 року. Черкаси. С. 75-77.
3. Igor Nevliudov, Iryna Botsman, Olena Chala, Kirill Khrustalev. Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference «INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (IST-2021)». – Odessa, September 13-19, 2021. – PP. 234-238.

МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Романюк О.Н., д.т.н., проф., Майданюк В.П., к.т.н., доцент, Рейда О.М., к.т.н., доцент,
Романюк О.В., к.т.н., доцент

Вінницький національний технічний університет

Для розробки операційних систем [1, 2] використовуються мови програмування, які забезпечують максимальний контроль над апаратним забезпеченням, високу продуктивність та можливість ефективної роботи з пам'яттю. Основною мовою, яка традиційно застосовується для створення ядер операційних систем, є мова програмування C. Саме на C реалізовано ядро Linux, основні компоненти Windows NT, macOS, а також безліч вбудованих і спеціалізованих ОС. Її популярність зумовлена оптимальним поєднанням низькорівневого доступу до ресурсів та відносно зручного синтаксису. Для найкритичніших частин ОС, таких як завантажувачі, драйвери, системи обробки переривань, використовується мова Assembly (асемблер), яка дозволяє писати максимально ефективний код для конкретного процесора. Водночас для модульної структури, графічних підсистем і драйверів часто застосовується C++ — вона розширює можливості C об'єктно-орієнтованим програмуванням, що полегшує підтримку складних компонентів. Останніми роками з'являється тенденція впровадження мови Rust у розробку операційних систем, зокрема для модулів Linux. Rust забезпечує високу безпеку роботи з пам'яттю та виключає цілий клас помилок, характерних для C і C++, при цьому зберігаючи високу продуктивність. Крім того, в окремих випадках у системному програмуванні використовуються мови Go та Ada — здебільшого у сфері вбудованих або експериментальних ОС, таких як Google Fuchsia чи Redox OS. Сценарні мови на зразок Python застосовуються не в ядрі операційної системи, а для розробки інструментів адміністрування, тестування та автоматизації. Отже, основними мовами для створення операційних систем залишаються C, Assembly та C++, а сучасні проєкти поступово інтегрують Rust як перспективну мову системного рівня.

Більшість відомих операційних систем створені переважно на мові C з використанням асемблера для критичних низькорівневих частин і частково C++ для модульних або графічних компонентів. Наприклад, ядро операційної системи Linux написано здебільшого на C з використанням Assembly для початкового завантаження та керування перериваннями. Більшість дистрибутивів Linux, таких як Ubuntu, Debian, Fedora, використовують ядро Linux і додаткові утиліти, написані на C, C++ та Python. Windows NT і його нащадки (Windows XP, 7, 10, 11) розроблялися з використанням C і C++ для ядра та графічного інтерфейсу, а також Assembly для обробки апаратних подій. macOS, як і її ядро XNU (поєднання Mach та BSD), реалізовані на C та C++, також використовуються Objective-C та Swift у користувацьких інтерфейсах і бібліотеках. Операційна система FreeBSD, яка має спільне походження з UNIX, реалізована на C, так само як і її ядро та більшість утиліт. У сфері експериментальних і безпечних ОС варто згадати Redox OS, яка майже повністю написана мовою Rust — ця ОС є спробою реалізувати безпечну з погляду пам'яті архітектуру мікроядра. Google Fuchsia — експериментальна ОС, у якій ядро Zircon розроблене мовами C++ та Rust. Вбудовані операційні системи реального часу (RTOS), такі як VxWorks або FreeRTOS, також переважно базуються на C, оскільки вона дозволяє мінімізувати затримки та забезпечити контроль над апаратним забезпеченням. Таким чином, C є фундаментальною мовою для всіх великих операційних систем, доповненою C++, Assembly і дедалі частіше — Rust у сучасних проєктах.

Перспективи мов програмування для операційних систем полягають у поступовому переході від класичних мов, таких як C і Assembly, до безпечніших та сучасніших альтернатив. Найбільш перспективною мовою вважається Rust, яка забезпечує високий рівень безпеки при роботі з пам'яттю без втрати продуктивності. Це особливо важливо для операційних систем, де помилки управління пам'яттю можуть спричинити серйозні

вразливості. Уже сьогодні компоненти ядра Linux пишуться на Rust, а нові проекти на кшталт Redox OS повністю базуються на цій мові. Також зростає інтерес до мов з формальною верифікацією, наприклад, F* та Ada/SPARK, які мають потенціал у критичних системах, таких як авіація, медицина чи оборона. Мови з автоматичним управлінням пам'яттю, зокрема Go, іноді використовуються для створення інструментів і служб навколо ОС, хоча їх застосування в ядрі обмежене. У найближчому майбутньому очікується зростання ролі багатомовної розробки, де ядро залишатиметься на C або Rust, а модулі, драйвери й інтерфейси — писатимуться з використанням C++, Swift, Go або інших мов, оптимізованих під певні завдання. У цьому контексті розвиток мов, які забезпечують одночасно продуктивність, безпечність і підтримку багатоплатформеності, буде визначати напрямок еволюції операційних систем.

Таким чином, мови програмування для розробки операційних систем повинні забезпечувати низькорівневий доступ до пам'яті, ефективне управління ресурсами та високий ступінь контролю над апаратним забезпеченням. Традиційно для цього використовують мови C та асемблер, які дозволяють писати ядра та драйвери з мінімальними накладними витратами. Нові мови, такі як Rust, пропонують безпечнішу альтернативу з контролем пам'яті без втрати продуктивності. У майбутньому мови з сильнішим типуванням і покращеним керуванням помилками можуть стати стандартом у системному програмуванні.

Література

1. Арпаці-Дуссо Р., Арпаці-Дуссо А. Операційні системи: три легкі частини. Agraci-Dusseau Books, 2023. — 725 с.
2. Левченко Л.О., Тарнавський Ю.А. Операційні системи Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. — 256 с.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРУ ТА МАСШТАБУ ВІЙСЬКОВИХ РУЙНУВАНЬ НА СТАН ГОЛОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗОН МІСТ СХОДУ УКРАЇНИ

Гігієйшвілі К.В.¹, аспірант, Морозенко М.О.², аспірант, Швець В.В.¹, к.т.н., доц., Соколенко В. М.², к.т.н., доц.

¹ *Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

² *Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ*

Бойові дії що тривають четвертий рік призводять до масштабних змін. Формуються суцільні зони спустошення. Населені пункти є ефективними оборонними утвореннями, які використовуються у позиційній війні. Окремі промислові підприємства та вузли мають підземні та заглиблені споруди. Характерною особливістю промислових майданчиків є наявність шляхів сполучення під вантажний транспорт та залізничні колії. Традиційно міста, населені пункти тяжіють до русел річок або інших джерел води. Міста концентрують населення, виробництво, житло, рекреаційний потенціал та широкий спектр послуг для забезпечення потреб власних мешканців. Спорожнілі, неблагополучні райони міст швидко перетворюються на гетто, територію хаосу та деградації. Територія втрачає функцію, частково або повністю руйнується форма, містобудівне, архітектурне наповнення міст. На сході України на території декількох областей утворюється сіра зона, зона масштабної кризи. За умови її розміру до 100 км завширшки, це співставно з параметрами зон міжрайонного тяжіння обласного рівні (50-70 км).



Рисунок 1. Зона, вільна від господарської діяльності, по лінії бойових зіткнень

Селища, міста, що потрапили в цю зону перебувають у стані катастрофи. Основні види діяльності мають архаїчний характер. Промисловість зруйнована та не працює. Відсутній громадський транспорт. Системи тепло, газу, водопостачання частково зруйновано, частково функціонують в режимі само підтримки. На рис.2 наведено карти нічного освітлення територій, як маркер господарської діяльності та наявності функціонуючих поселень.

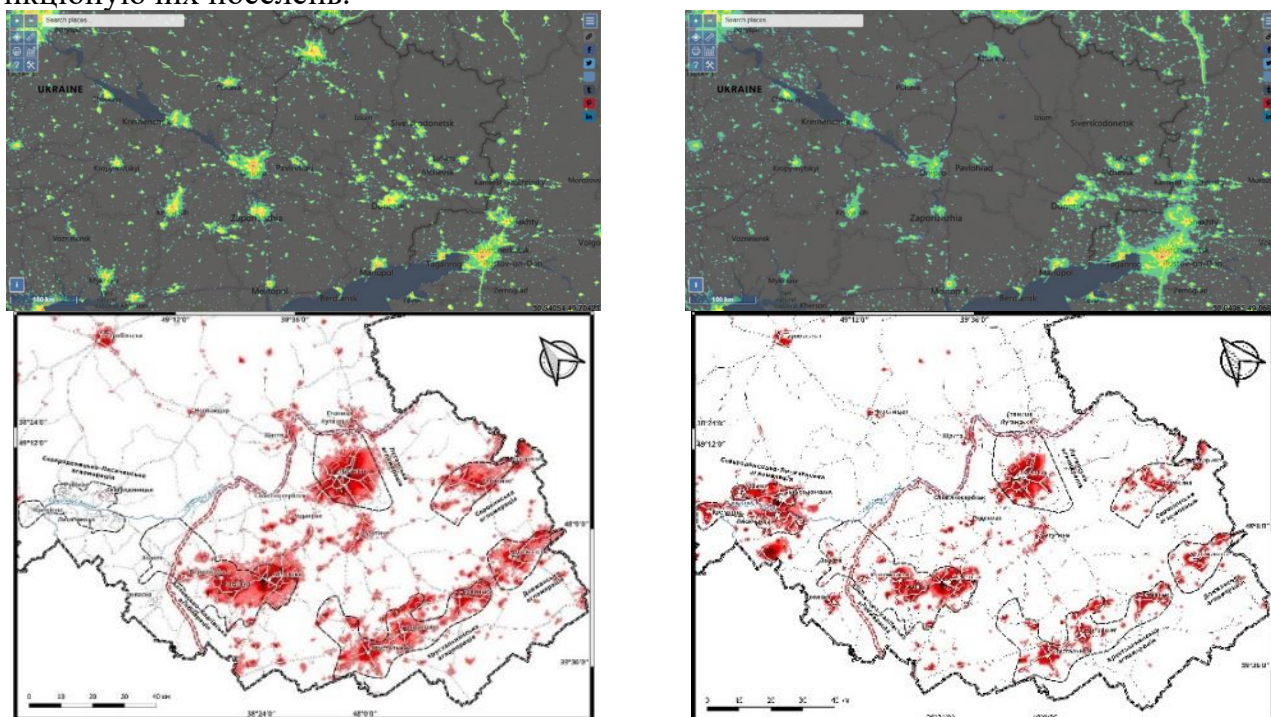


Рис. 2. Карти нічного освітлення та поширення світлового забруднення Луганської області в 2021 та 2023 роках

В регіоні зруйновано практично всі мости, шляхопроводи на шляхах, що формували єдину мережу транспортного сполучення. Не працюють всі колишні місто утворюючі підприємства. Рис. 3 зонінг агломерації Лисичанськ – Северодонецьк – Рубіжне демонструє планувальну організацію основних функціональних зон. Доцільно відзначити, що до

промислових зон висуваються доволі жорсткі містобудівні вимоги – прямий рельєф з організованим ухилом, поєднання, точки входу до системи залізничного сполучення та системи автодорог, наявність, можливість підключення до джерел електропостачання (ЛЕП), наявність резервних територій. Залежно від виробничого циклу майже всі підприємства є споживачами значного обсягу води різної якості очищення.

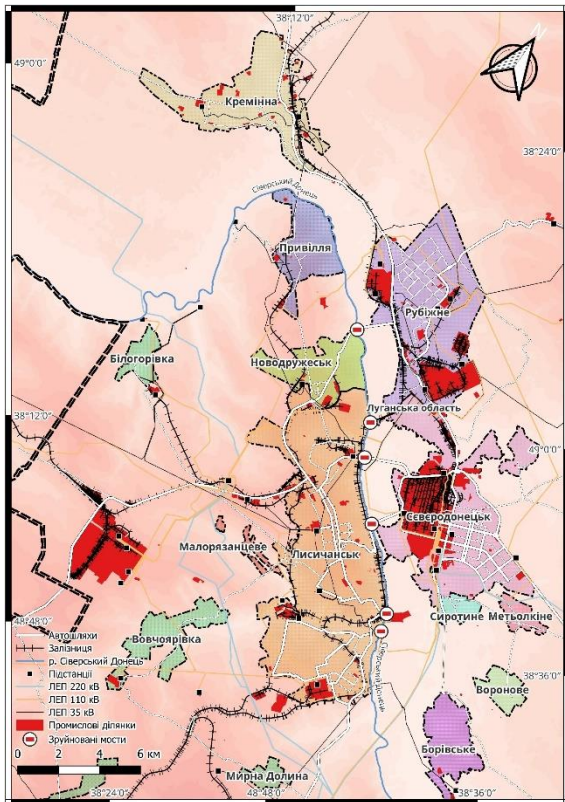


Рисунок 3. Зонування агломерації Лисичанськ – Северодонецьк – Рубіжне

Відновлення зруйнованих міст становитиме складну містобудівну проблему. Факторами та умовами, що визначатимуть завдання та тренди розвитку в першу чергу будуть ресурси, обмеження, функціональне зонування. Визначним загальним трендом є скорочення містобудівної бази. Зменшення кількості населення за різними сценаріями становитиме від 30 до 50%. Особливий стан мають отримати озеленені, рекреаційні та природоохоронні ділянки територій, що зберегли свій потенціал. Планувальний транспортний каркас вимагає модернізації та відбудови мостів у відповідності до загальної концепції побудови системи сполучення регіонального рівня. І якщо місця мостових переходів визначено у природній спосіб чинниками географічної зручності, то несуча здатність та пропускна спроможність (кількість полос руху) визначатиметься на державному рівні. Ресурсом розвитку слід вважати промислові ділянки підприємств, що не підлягають відновленню. З базових варіантів використання слід розглядати можливості організації промислових об'єктів виробничої бази

будівництва; ділянки сонячних електростанцій; організація крупних транспортних вузлів – хабів. Економічна доцільність зміни функціонального призначення ділянок визначається їх фактично нульовою вартістю, з урахуванням завдань очистки територій.

ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ ТА ПЕРЕРОБКИ БУДІВЕЛЬНОГО СМІТТЯ, УТВОРЕНОГО ВНАСЛІДОК РУЙНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Швидкий Д.В.¹, аспірант, Швець В.В.¹, к.т.н., доц., Соколенко К. В.², PhD

¹ Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

² Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Масове руйнування будівель і споруд унаслідок військових дій створює серйозну проблему утилізації значного обсягу будівельних відходів. Такі ситуації охоплюють великі території та супроводжуються формуванням потужних потоків будівельного сміття, що ускладнює реалізацію заходів із відновлення інфраструктури.

За оцінками Київської школи економіки, станом на початок 2024 року документально зафіксовані збитки, завдані війною, сягнули понад 157 млрд доларів США. З них близько третини припадає на втрати у сфері житлового будівництва: було зруйновано або пошкоджено приблизно 250 тисяч об'єктів, з яких 89% — приватні оселі, а 11% — багатоквартирні будинки. Це складає близько 9% від загального житлового фонду України, при цьому лише 10% споруд зазнали незначних ушкоджень. Найбільш серйозно постраждали Донецька, Харківська та Луганська області — на них припадає понад 60%

втрат. Загальний обсяг будівельного сміття на території країни вже перевищив 670 тисяч тонн, що актуалізує питання його переробки.

Досвід країн Європи свідчить про високий рівень впровадження технологій утилізації будівельних відходів. Наприклад, у Нідерландах переробляється понад 90% такого сміття; в Бельгії — 87%; Данії — 81%; Канаді — 73%; у Великій Британії, Фінляндії та Австрії — від 41% до 45%. Це підтверджує потенціал рециклінгу як важливого елементу екологічно безпечної та ефективної реконструкції.

Згідно з попередніми підрахунками, знесення типової п'ятиповерхової будівлі може призвести до утворення до 5 тисяч тонн відходів. Близько половини цієї маси становлять бетон і залізобетон, інша частина — скло, цегла, утеплювачі, покрівельні та інші матеріали. Основними компонентами, придатними до повторного використання після сортування, є:

- Бетон/залізобетон, що може слугувати заповнювачем для нових бетонних сумішей, основою дорожніх покриттів, компонентом кладочних розчинів тощо;
- Скло, яке застосовується у виробництві теплоізоляційного піноскла;
- Цегла, що перетворюється на щебінь або декоративну крихту.

Проте якість рециклату значною мірою залежить від рівня очищення матеріалів від домішок — деревини, металевої арматури, сміття. Відходи, що утворюються внаслідок військових руйнувань, мають особливості: вони часто тривалий час перебувають на відкритому повітрі, зазнають атмосферного впливу (волога, заморожування, висоли), містять велику кількість горючих решток, пластику, тканин, побутових речей, що ускладнює сортування. Такі суміші мають значний ступінь деградації.

У типових умовах демонтаж передбачає очищення будівлі, тоді як зруйновані об'єкти формують безладний і змішаний морфологічний склад, який ускладнює класифікацію. Багатоквартирні будинки містять численні фрагменти пінопласту, мінеральної вати, вапняно-піщаних сумішей, обвуглені рештки побуту. Усе це значно ускладнює переробку.

Сучасні методи обробки такого матеріалу — ручне сортування, термічне очищення, флотація — малоефективні через економічну недоцільність. У зв'язку з цим виникає потреба у дослідженні впливу морфологічного складу відходів на властивості кінцевого продукту переробки та розробці критеріїв для визначення доцільних напрямків використання вторинної сировини залежно від її типологічних характеристик.

Тривала дія атмосферних чинників — волога, мороз, ультрафіолетове випромінювання — сприяє фізичному й хімічному розпаду фрагментів, погіршуючи їх придатність до переробки. На тлі цього звичайні технології очищення, сортування та класифікації виявляються неефективними або економічно збитковими.

До перспективних напрямів вирішення проблеми належать:

- Розробка адаптивних мобільних сортувальних комплексів з оптико-механічним розпізнаванням компонентів;
- Впровадження автоматизованих ліній з попереднім дробленням, очищенням і магнітним/пневматичним розподілом фракцій;
- Інтеграція BIM-технологій (Building Information Modeling) при плануванні знесення, що дозволяє прогнозувати морфологічний склад відходів на етапі до руйнування;
- Розвиток нормування якості рециклатів з урахуванням ступеня забруднення та мінералогічного складу;
- Використання відходів низької якості в дорожньому будівництві, гідротехнічних насипах, рекультиваційних проектах.

Не менш важливим є формування законодавчої та нормативної бази, яка регулювала б поводження з відходами війни як з особливою категорією матеріалів. Це дозволить оптимізувати як технічні, так і управлінські процеси переробки.

ОСОБЛИВОСТІ АНТРОПОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ЗА ТРИВИМІРНОЮ МОДЕЛЛЮ

Романюк О.Н.¹, д.т.н., проф., Майданюк В.П.¹, к.т.н., доцент, Мазур В.В.¹, Тітова Н.В.²,
д.т.н., проф., Романюк С.О.², к.т.н., ст. викладач

¹ *Вінницький національний технічний університет*

² *Національний університет «Одеська політехніка»*

Антропологічні вимірювання [1-3] обличчя людини за тривимірною моделлю характеризуються високою точністю, об'єктивністю та розширеними можливостями аналізу морфологічних особливостей. На відміну від традиційних методів, які базуються на двовимірних зображеннях або механічному вимірюванні окремих відстаней, тривимірна модель забезпечує повне просторове представлення форми обличчя, що дозволяє враховувати не лише лінійні, але й кутові та криволінійні параметри. Завдяки застосуванню сучасних технологій, таких як структурне освітлення, лазерне сканування або фотограмметрія, створюється цифрова модель, на якій можна точно визначити анатомічні орієнтири — наприклад, glabella, nasion, gnathion, tragion тощо. Це дає змогу автоматизувати процес вимірювання та мінімізувати похибки, пов'язані з людським фактором. Особливістю 3D-моделі є також можливість проведення повторного аналізу без необхідності повторного обстеження об'єкта, що є важливим у довготривалих наукових дослідженнях. Тривимірна антропометрія дозволяє оцінити симетрію обличчя, співвідношення частин (наприклад, верхньої, середньої та нижньої третини обличчя), а також проводити порівняння з еталонними антропометричними базами даних. Крім того, технологія надає можливість дослідження змін у формі обличчя з віком або внаслідок медичних втручань. Вона активно використовується у хірургії обличчя, ортодонтії, судовій антропології, біометричних системах і криміналістиці. Однією з перспективних функцій є динамічне захоплення міміки та аналіз рухів обличчя, що важливо для психології, розпізнавання емоцій та мовної терапії. У процесі тривимірного антропологічного вимірювання обличчя особливу увагу приділяють побудові точного полігонального каркаса обличчя, який формується шляхом обробки великої кількості відбитих променів від поверхні шкіри. На цьому каркасі фіксуються ключові антропометричні точки, які далі використовуються для розрахунку показників ширини, висоти, довжини, об'ємів, кривизни та симетрії окремих ділянок обличчя. Наприклад, вимірюються міжзінична відстань, ширина носа, довжина носа, висота підборіддя, вилична ширина, а також співвідношення горизонтальних та вертикальних параметрів. Унікальність тривимірного підходу полягає в можливості оцінки складних геометричних форм, таких як вигини вилиць або контури щелепи, які майже неможливо точно зафіксувати в традиційних умовах. Важливим аспектом є й можливість масштабного порівняння анатомічних форм різних осіб або аналізу змін у межах одного індивіда в динаміці, наприклад, до і після оперативного втручання. Тривимірні моделі дозволяють здійснювати віртуальне моделювання хірургічних процедур, прогнозувати естетичний результат та мінімізувати ризики. У судово-медичній практиці такі вимірювання використовуються для реконструкції зовнішності за черепом, ідентифікації особи за формою обличчя, а також у створенні цифрових портретів. У біометричних системах вони забезпечують підвищену точність розпізнавання, оскільки геометрія обличчя є стабільним і складним для підробки біометричним маркером.

Сучасні програмні засоби, що застосовуються для тривимірної антропометрії, як правило, оснащені функціями автоматичного виявлення антропометричних точок, побудови профілю обличчя, симетричного аналізу та статистичної обробки результатів, що дозволяє проводити як індивідуальні дослідження, так і групові порівняння. Такі системи, як 3dMDface, Artec Studio, Vectra або Faceware Analyzer, надають інтерфейси для інтеграції даних із базами осіб, медичними записами або біометричними системами контролю

доступу. Це особливо важливо в умовах швидкого розвитку персоналізованої медицини, де точні морфометричні характеристики можуть бути використані для побудови індивідуальних імплантів, прогнозування ризику певних патологій або оцінки ефективності естетичних процедур. У наукових дослідженнях тривимірна антропометрія застосовується для вивчення етнічної варіативності, гендерних відмінностей, вікових змін у будові обличчя, а також в археології — для цифрової реконструкції зовнішності історичних особистостей за черепами. Крім того, дані 3D-вимірювань використовуються в комп'ютерній графіці, віртуальній реальності та кінематографі, де потрібна висока реалістичність відтворення людських облич. Варто зазначити, що якість тривимірного вимірювання залежить не лише від роздільної здатності сканера, але й від умов освітлення, стабільності положення голови під час сканування, наявності перешкод, як-от волосся або окуляри, а також алгоритмів післяобробки. Для підвищення достовірності результатів часто застосовується калібрування системи на основі стандартизованих референсних об'єктів або використання маркерів для точного позиціонування анатомічних точок. Усі ці чинники формують комплексну методологію цифрової антропометрії, яка дедалі більше витісняє традиційні методи та формує основу для нових технологій. Застосування тривимірної антропометрії також супроводжується розвитком методів машинного навчання та штучного інтелекту, які дозволяють автоматизувати обробку великої кількості 3D-даних, виявляти приховані закономірності в морфології обличчя, здійснювати класифікацію за віковими, статевими, етнічними чи патологічними ознаками. Наприклад, за допомогою глибоких нейронних мереж можливо не лише ідентифікувати людину за тривимірною геометрією її обличчя, а й прогнозувати можливі медичні ризики, зокрема вроджені аномалії розвитку, асиметрію черепно-лицевої ділянки або порушення росту. У клінічній практиці це надає інструменти для ранньої діагностики та контролю ефективності лікування, особливо в ортодонтії, щелепно-лицевій хірургії, пластичній медицині та отоларингології. Крім того, в дослідженнях процесів старіння та омолодження обличчя, 3D-моделі дозволяють оцінювати, як змінюється об'єм м'яких тканин, кути розташування рис обличчя, а також динаміку змін після косметичних процедур. У біометричних системах перевагою 3D-методів є стійкість до змін освітлення, міміки, а також можливість функціонування в умовах часткового перекриття або різного положення голови. У майбутньому очікується, що такі моделі будуть інтегровані у смартфони, системи відеоспостереження, безконтактні медичні діагностичні пристрої. Крім технічних аспектів, виникають і етичні питання щодо конфіденційності та захисту персональних біометричних даних, адже тривимірна модель обличчя є унікальним маркером особи. Тому необхідно створення відповідних правових норм і безпечних алгоритмів зберігання та обробки таких даних. Загалом, тривимірна антропометрія обличчя виступає як мультидисциплінарна технологія, що поєднує досягнення медицини, інженерії, інформатики, графіки та біоетики, і є важливою складовою цифрової трансформації вивчення та використання людської морфології.

Література

1. Солдатов І. О. Цифрові методи в біометричній ідентифікації людини. Харків: ХНУРЕ, 2021. — 212 с.
2. Бариленко В. В. Комп'ютерна антропометрія: методологія та застосування. Київ: НТУУ «КПІ», 2020. — 168 с.
3. D'Apuzzo N. 3D Body Scanning Technologies for Anthropometric Applications. Zürich: Hometrica Consulting, 2020. — 248 p.

ІННОВАЦІЙНІ КОНЦЕПЦІЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Запара Я.В., к.т.н., доцент, Панченко В.К., аспірант, Кузьміченко С.В., магістр
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

Мультимодальні перевезення набувають дедалі більшого попиту, і зростає кількість операцій із транспортування вантажів, які здійснюються двома або більше видами транспорту. Трансформаційні процеси цифровізації та діджиталізації особливо важливі на стиках видів транспорту, тобто під час забезпечення взаємодії між різними видами транспорту в рамках інтелектуальних транспортних систем.

Мультимодальні перевезення неможливі без доставки на першу та останню милу, яка, очевидно, виконується автомобільним транспортом. У більшості випадків така доставка відбувається в межах міст. Тому необхідно аналізувати затримки на міських перехрестях. Одним із досліджень, що висвітлює ці проблеми, є робота О. Білецької [1]. Було запропоновано підхід до визначення затримок на нерегульованих перехрестях міських доріг із урахуванням теорії Пуассона та пріоритету руху в різних напрямках.

Мультимодальні перевезення передбачають активну міжсуб'єктну взаємодію між організатором процесу доставки – логістичним оператором або експедитором – та іншими учасниками транспортного процесу, насамперед перевізниками. Процес інноваційних трансформацій, цифровізації та діджиталізації стосується як транспортних процесів, так і діяльності учасників транспортно-логістичного ринку. Далі всі ці інтегративні трансформації будуть охарактеризовані.

Слід відмітити, що процес цифровізації і діджиталізації логістичних процесів характеризуватиметься інтенсифікацією обміну інформацією між учасниками транспортно-логістичного ринку, появою якісно нових інноваційних сервісів і значним розширенням функціональних можливостей учасників ринку.

Метою та завданнями дослідження є впровадження та поглиблення процесу цифровізації, що дозволить різним учасникам процесу мультимодальних перевезень перейти на новий рівень сприйняття інформації та розпочати процес інформаційної трансформації, зокрема всередині компанії. Однак, це лише перший крок до глобальної цифрової трансформації. Створення інноваційних сервісів, поява яких нині диктується умовами розвитку на найбільш розвинених ринках, забезпечить системність трансформацій, їхню незворотність і розширення функціональних можливостей учасників ринку, зрештою створюючи основу для переходу до повної діджиталізації та цифрової трансформації.

Водночас діджиталізація та цифрова трансформація вже створюватимуть якісно нові умови для учасників мультимодальних перевезень, а саме:

- створення інтегрованого інформаційного простору між учасниками транспортно-логістичного ринку;
- впровадження нових діджиталізованих адаптованих бізнес-процесів і бізнес-моделей;
- систематичне використання інноваційних сервісів;
- впровадження партнерського середовища учасниками транспортно-логістичного ринку;
- запровадження спільних ланцюгів створення цінності для клієнтів організаторами мультимодальних перевезень.

Створення інтегрованого інформаційного простору між учасниками транспортно-логістичного ринку є ключовим завданням на етапі діджиталізації та цифрової трансформації. Загалом цей процес може бути реалізований через використання загальнодоступних інформаційних продуктів або унікальних спеціалізованих інформаційних рішень, узгоджених між учасниками мультимодального ланцюга

постачання. Основним завданням для учасників такого інформаційного простору є впорядкування інформації, усунення зайвих ланок і шумів, а також прискорення прийняття рішень на основі адекватної та своєчасно отриманої інформації.

Системне використання інноваційних сервісів у результаті діджиталізації та цифрової трансформації в мультимодальних вантажних перевезеннях учасниками транспортно-логістичного ринку сприяє створенню інноваційного продукту, який, у свою чергу, забезпечує кращу інтеграцію в рамках забезпечення високоякісного функціонування глобальних ланцюгів постачання.

Впровадження нових діджиталізованих адаптованих бізнес-процесів і бізнес-моделей загалом є результатом ефективної інтеграції учасників транспортно-логістичного ринку в новому середовищі. Такі бізнес-процеси та бізнес-моделі безумовно стають більш конкурентоспроможними та забезпечують значно кращу гнучкість, фінансову стабільність і адаптивність для компаній загалом.

Реалізація партнерського середовища учасниками транспортно-логістичного ринку є складним процесом, який забезпечується ефективним системним розвитком трьох попередніх компонентів. Партнерська взаємодія можлива лише на основі повної довіри та може включати, наприклад, передачу ключових логістичних бізнес-процесів компанією-рітейлером логістичному оператору для повного виконання його завдань.

Впровадження спільних ланцюгів створення цінності для клієнтів організаторами мультимодальних перевезень визначено як один із ключових пріоритетів Індустрії 5.0. Це призначено стати квінтесенцією цифрової трансформації для учасників транспортно-логістичних ринків у контексті впровадження нової соціально-економічної парадигми суспільної та державної трансформації.

Література

1. O. Bielecka, Ye. Liubiyi, S. Ocheretenko, D. Muzylyov, V. Ivanov, I. Pavlenko, Approach to Determine Transport Delays at Unsignalized Intersections. Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, 25(3), 124–136 (2023).

ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КАРКАСА КОНТЕЙНЕРА З РОЗКОСАМИ В КОНСТРУКЦІЇ

Ловська А. О.¹, д.т.н., проф., Павлюченков М. В.², к.т.н., доцент, Равлюк В. Г.³, д.т.н., професор, Скуріхін Д. І.³, к.т.н., доцент, Рибін А. В.³, к.т.н., доцент

¹ *Український державний університет залізничного транспорту*

² *Сумський національний аграрний університет*

³ *Український державний університет залізничного транспорту*

Контейнерні перевезення є найбільш затребуваним видом перевезень вантажів різними галузями транспорту [1, 2]. Разом із цим, процес транспортування контейнерів супроводжується дією на їх конструкцію різних за природою виникнення навантажень. Це обумовлює пошкодження контейнерів.

У зв'язку з цим було досліджено основні режими навантажень контейнерів в експлуатації і встановлено, що найбільш неблагоприємні навантаження мають місце при залізничних перевезеннях. При цьому контейнер випробовує значні динамічні навантаження, які зумовлюють його пошкодження [3]. Здебільшого ці пошкодження припадають на повздовжні балки рами, а саме, зони їх взаємодії із фітингами. Така ситуація загрожує не тільки пошкодженню контейнера, розвалюванню вантажу на шляху прямування, а також безпеці руху поїзда. Тому виникає необхідність удосконалення конструкції контейнера для забезпечення його міцності при експлуатаційних режимах.

Для забезпечення міцності контейнера в експлуатації пропонується удосконалення його конструкції. Передбачається постановку до нижньої частини каркасу контейнера

додаткових елементів, які будуть розвантажувати найбільш навантажені зони його конструкції. Посилюючі елементи каркасу представлені у вигляді виделки, кінцеві частини (розкоси) якої сприймають частину навантаження від фітингів та передають його на її середню частину. Для обґрунтування запропонованого рішення проведено розрахунок каркаса як стрижневої системи у програмному комплексі “ЛІРА – САПР”. Розрахунок проведено на прикладі контейнера типорозміру 1СС.

До уваги прийнято повздовжню навантаженість контейнера при його перевезенні у складі поїзда. Враховано, що повздовжні навантаження сприймаються повздовжніми балками нижньої частини каркаса. Для визначення значення повздовжнього навантаження проведено математичне моделювання динамічної навантаженості контейнера за умови його перевезення на вагоні-платформі. Враховано, що величина повздовжньої сили, яка діє на упори автозчепного пристрою вагона-платформи дорівнює 2,5 МН. На підставі розв’язку математичної моделі прискорення, яке діє на контейнер, склало близько 20 м/с². Це прискорення враховано при визначенні величини повздовжнього навантаження, яке діє на контейнер. Дане навантаження склало 480 кН.

На підставі проведених розрахунків у якості профілю виконання каркаса обрано квадратну трубу 180x180 мм з площею поперечного перерізу $A=4,5 \text{ см}^2$ та масою 1 погонного метра $m=24,39 \text{ кг}$.

З урахуванням обраного профілю виконання каркаса контейнера побудовано його просторову модель в SolidWorks. На базі даної моделі проведено розрахунок на міцність каркаса контейнера з використанням методу скінчених елементів в SolidWorks Simulation.

Встановлено, що максимальні напруження в каркасі виникають в зоні взаємодії повздовжніх балок із фітингами і складають 174,1 МПа. Ці напруження є нижчими за допустимі майже на 20%. Максимальні переміщення виникають у середній частині виделки і складають 3,2 мм.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування контейнерів із покращеними техніко-економічними та експлуатаційними характеристиками. Також результати досліджень можливо використовувати при модернізаціях існуючого парку контейнерів.

Література

1. G. L. Vatulia, A. O. Lovska, Ye. S. Krasnokutskyi. Research into the transverse loading of the container with sandwich-panel walls when transported by rail // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1254. 012140.
2. Antala D. K., Satasiya R. M., Chauhan P. M. Design, development and performance evaluation of transportation container for sapota fruit // Journal of Food Sciences and Technology. 2021. Vol. 58(10). P. 4024–4033. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04865-w>
3. Determining the vertical load on a container with a floor made of sandwich panels transported by a flat wagon / Lovska A., Stanovska I., Kyrylova V., Okorokov A., Vernigora R. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. №6/7 (132). P. 36 – 44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.315059>

**АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КАРКАСА КОНТЕЙНЕРА УДОСКОНАЛЕНОЇ
КОНСТРУКЦІЇ ПРИ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ**Ловська А. О.¹, д.т.н., проф., Павлюченков М. В.², к.т.н., доцент¹ *Український державний університет залізничного транспорту*² *Сумський національний аграрний університет*

Підвищення ефективності експлуатації вантажоперевезень в міжнародному сполученні є одним із можливих напрямків розвитку економіки європейських країн. Досягти цього можливо розвитком контейнерних перевезень [1, 2]. Перевезення вантажів в контейнерах є одним із найбільш перспективних видів перевезень. Це пояснюється відсутністю необхідності перевантаження вантажів, а також можливістю перевезень контейнерів різними транспортними засобами. Разом із цим, в умовах експлуатації на конструкцію контейнера діють різні за величиною та природою походження силові фактори. Вони можуть сприяти пошкодженню контейнера. Одними із найбільш неблагоприємних серед них є пошкодження бокових стін. Внаслідок подібних пошкоджень виникає необхідність позапланових видів ремонту контейнерів, а відповідно і додаткових витрат на їх утримання в експлуатації. Це обумовлює необхідність створення науково-технічних рішень, спрямованих на покращення міцності бокових стін контейнерів в експлуатації.

Для забезпечення міцності бокових стін контейнера в експлуатації пропонується посилення каркаса додатковими елементами – розкосами та горизонтальними поясами. Таке рішення сприяє збільшенню жорсткості каркаса, а відповідно і покращенню його міцності не тільки при сприйнятті бокових навантажень, а і при вантажно-розвантажувальних операціях.

Для дослідження міцності каркаса контейнера при вантажно-розвантажувальних операціях проведено розрахунок за методом скінчених елементів. Його реалізацію здійснено у SolidWorks Simulation. При складанні скінчено-елементної моделі використовувалися тетраедри. Закріплення моделі здійснювалося за верхні фітинги. При цьому застосовано жорсткий зв'язок. Встановлено, що максимальні напруження в каркасі виникають у вертикальних стійках і складають 189,1 МПа. Отримані напруження нижчі за допустимі. Максимальні переміщення в каркасі виникають у середніх частинах поперечних балок і складає 3,39 мм.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що запропоноване удосконалення є доцільним. При цьому стає можливим знизити максимальні напруження в каркасі на 7% у порівнянні із типовою конструкцією.

Подальшим розвитком даного дослідження є визначення міцності каркаса контейнера при інших експлуатаційних режимах навантажень.

Результати проведених досліджень сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних конструкцій контейнерів із покращеними техніко-економічними та експлуатаційними характеристиками. Це, в свою чергу, дозволить підвищити ефективність експлуатації контейнерних перевезень, в тому числі, в міжнародному сполученні.

Література

1. Ловська А. О., Діжо Я., Рибін А. В., Рукавішников П. В. Особливості визначення показників міцності кузова напіввагона при перевезенні в ньому контейнерів // Наукові вісті Дніпровського університету. 2024. №26. DOI: 10.33216/2222-3428-2024-26-9

2. Gerlici Juraj, Lovska Alyona, Pavliuchenkov Mykhailo, Kravchenko Oleksandr. Peculiarities of designing the frame of a universal container made of rectangular pipes. Communications – Scientific Letters of the University of Zilina. 2024. Vol. 26. Issue 2. P. B72-B79. DOI: 10.26552/com.C.2024.016

INTERDEPENDENCE OF COAL POROSITY WITH METAMORPHIC TRANSFORMATIONS OF COAL SEAMS

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Popovych V.A. graduate student
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Porosity determines the physical properties of rocks, their strength, elastic wave propagation, compressibility, electrical and other parameters. Studying the porous structure of different fossil coals and establishing its relationship with other characteristics or features of coal, their properties is necessary for the rational use of coal, optimisation of their processing, as well as for revealing the mechanism of gas release from coal seams and developing methods to combat sudden coal and gas emissions [1].

The porosity of coal, the structure of the porous system and its specific surface area determine the filtration, diffusion and sorption processes in the conditions of natural occurrence of coal and their transformations under the influence of various physical and chemical factors [2]. There are three types of porosity: general (physical), open and effective.

All solid fuels have a porous structure. The actual density of the sample (d_r^d) is always greater than the apparent density (d_a^r). Their difference refers to the value of the actual density and is expressed in percentage, characterising [2, 3] the total porosity (P_r) of coal:

$$P_r = \frac{d_r^d - d_a^r}{d_r^d} \cdot 100 \quad (1)$$

The same relationship was used to calculate the P_r value for a set of 590 coal seams according to the catalogue of reservoir properties of hard coal and anthracites [4]. For this set of mine seams, the values of d_r^d and d_a^r were determined experimentally in accordance with DSTU 2160-82, the requirements of which are similar to the standards DSTU 2160:2019 and ISO 5072:2021. For the second set of 186 seams, the values of P_r were calculated according to Equation 1, but using the calculated values of d_r^d and d_a^r according to the empirical dependencies. The total volume of pores $P_{r(p)}$ in absolute terms for coal unloaded from rock pressure according to [4] was determined using the values of the true (d_r^d) and apparent (d_a^r) densities by equation:

$$P_{r(p)} = \frac{d_r^d - d_a^r}{d_r^d \cdot d_a^r}, \text{ cm}^3/\text{g}. \quad (2)$$

When determining $P_{r(p)}$ according to equation (2) for a set of 590 mine seams, the experimental values d_r^d and d_a^r , were used, established in a standard method in accordance with the requirements of standards. In addition, the value of $P'_{r(p)}$ was calculated in parallel, obviously to control the accuracy of the calculations, according to empirical equation (3), depending on the yield of volatile substances during thermal decomposition of coal without air access (V^{daf}):

$$P'_{r(p)} = 0,114 - 0,006V^{\text{daf}} + 0,00013(V^{\text{daf}})^2, \text{ cm}^3/\text{g}. \quad (3)$$

For a long period of time, V^{daf} was the only indicator of metamorphic transformations of seams when determining the consumer qualities of coal. It remains one of the main criteria in the modern classification of coal by genetic and technological parameters in accordance with the current DSTU 3472:2015 Lignite, hard coal and anthracite. Classification. The volatile substance yield is also the main indicator of metamorphism when determining the susceptibility of mine seams to gas-dynamic phenomena in the regulatory framework for safe mining operations. For the above reasons, the V^{daf} indicator has been studied to a greater extent compared to other criteria, and its values are given in the catalogue [4]. This makes it possible, using the V^{daf} value, to estimate the degree of influence of metamorphic transformations of the seams on changes in the overall porosity of coal. The methodology is based on a comparative analysis of the compliance of the calculated values of the total porosity $P'_{r(p)}$ for each of the 590 mine layers according to empirical equation 3 to their values $P_{r(p)}$, determined by standard methods using equation 2. For the analysed set of 590 coal seams, the closeness of the correlation with the volatile substance yield V^{daf} was determined by statistical processing by the least squares method of the total porosity values

calculated using the experimental values of the true (d_r^d) and apparent (d_a^r) densities according to equations 1 and 2. In this case, there is no high correlation interdependence ($r=0,59$). The presence of maximum distances of points relative to the bisector of the coordinate grid at $P_{r(p)} > 0,15 \text{ cm}^3/\text{g}$ (2), which determines the equality of $P'_{r(p)}$ and $P_{r(p)}$, indicates insufficient accuracy in determining the total porosity $P'_{r(p)}$ using empirical equation 3.

The direction of change in the total coal porosity ($P_{r(p)}$, equation 1 and $P'_{r(p)}$ equation 2) during metamorphic transformations for a set of 590 coal seams is illustrated by graphs of their dependence on the volatile matter yield (V^{daf}), shown in Fig. 1 [3].

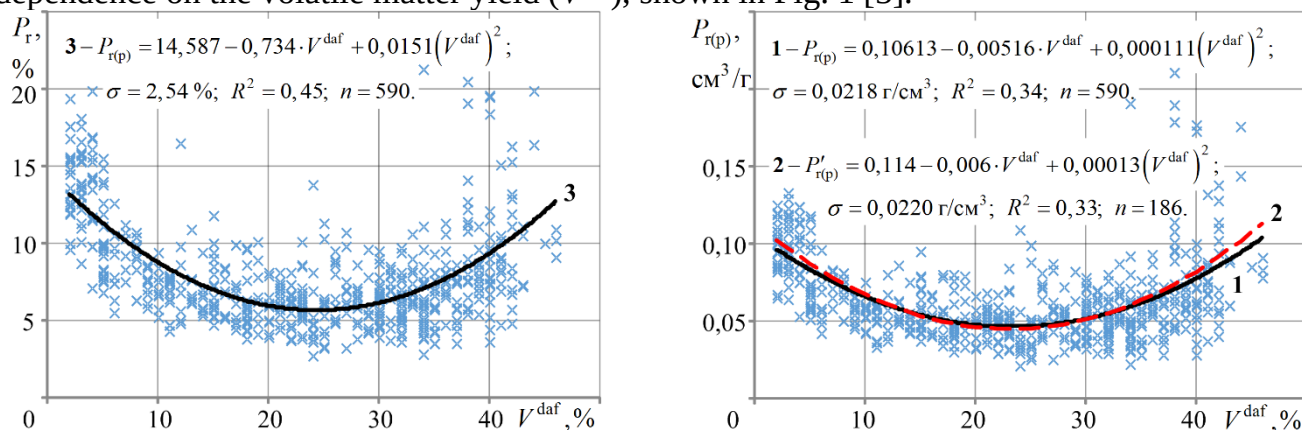


Fig. 1. Dependence of the total porosity of coal ($P_{r(p)}$, and P_r), determined by the methods of generally accepted standards for a set of 590 coal seams from the volatile matter yield (V^{daf}):

The second-order polynomial shown in Fig. 1 a, curve 1) characterises a rather low, practically absent, correlation between the total porosity and the yield of volatile substances. The indicators of the closeness of the relationship (R^2 and σ) for the analysed set of 590 coal seams are 0.34 and 0.0218 cm^3/g , respectively. Approximately the same correlation indicators ($R^2=0,33$ and $\sigma=0,0220 \text{ cm}^3/\text{g}$), in relation to the set of 590 mine layers, are characterised by curve 2 (Fig. 1 a). This curve corresponds to empirical equation 3, which was used to calculate the total pore volume for the set of 186 formations in the catalogue [4]. Almost identical correlation indicators for curves 1 and 2 (Fig. 1a) indicate that the use of the averaged calculated values of $P'_{r(p)}$ according to equation 3 did not affect the overall accuracy of determining $P_{r(p)}$ according to Equation 2. In equation 2, the values of the true (d_r^d) and apparent (d_a^r) densities are used, which are determined in accordance with the standard with their predefined accuracy.

Based on the results obtained, it was found that the total porosity of fossil coal is a strictly individual characteristic of a particular coal seam and only slightly depends on the yield of volatile substances. The generalised empirical dependences on this indicator give only an approximate idea of the direction of change in the total coal porosity during metamorphic transformations of coal seams [1].

Reference

1. Darling P. SME Mining Engineering Handbook, 3rd Edition. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (U.S.), 2011. 1984 p.
2. Stach E., Mackowsky M., Teichmüller M., Taylor G., Chandra D., Techmüller R. Stach's Textbook of Coal Petrology. 3th Ed. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 1982. 535 p.
3. Rudniev Ye., Antoshchenko M., Popovych V. About the connection of the total porosity of fossil coal with metamorphic transformations of coal seams. *Mining Journal of Kryvyi Rih National University*. 2024 Vol. 22 (2) C.50-55. <https://doi.org/10.31721/2306-5435-2024-2-50-55>
4. Каталог колекторських своєств кам'яних углєй і антрацитів Донецького і Л'вівсько-Волинського басейнів / Р. Кривітська і др. Макіївка-Донбас. МакНІІ, 1985. 48 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОРИЗАЦІЇ ТА АВТЕНТИФІКАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЄЮ

Данилюк Б.А.

Національний університет «Одеська політехніка»

Автоматизація авторизації та автентифікації є центральним компонентом бізнес-процесів майже в усіх організаціях. Така автоматизація не тільки забезпечує більш ефективно та швидко управління активами, але й підвищує безпеку, мінімізуючи ризик несанкціонованого доступу. В епоху зростаючої цифровізації та складних ІТ-середовищ автоматизовані засоби перевірки особи стають вирішальними для захисту конфіденційної інформації та забезпечення цілісності систем.

Крім того, автоматизація допомагає зменшити адміністративне навантаження на ІТ-відділи, звільняючи ресурси для стратегічних ініціатив, а не для рутинних завдань. Впроваджуючи надійні системи авторизації та автентифікації, організації можуть забезпечити послідовну відповідність політикам безпеки та нормативним вимогам. Це особливо важливо в секторах, де захист даних суворо регулюється, і потенційні порушення безпеки можуть мати серйозні наслідки.

Частиною автоматизації є визначення моделі ролей і дозволів стосується процесів та інструментів, що використовуються для створення ролей, присвоєння імен ролям, присвоєння дозволів ролям і встановлення права власності на ролі та дозволи. Ролі - це набір дозволів на доступів, які зазвичай представляють загальні вимоги до доступу, пов'язані з певною робочою функцією. Визначення і використання ролей може впорядкувати процеси запиту, затвердження, перегляду і визначення доступу, дозволяючи користувачам переглядати групи з декількох дозволів більш інтуїтивно зрозуміло, бізнес-орієнтованому форматі без необхідності розуміти базову систему і деталі дозволів доступу в додатках. Це також підвищує точність запитуваних, затверджених і сертифікованих прав, тим самим зменшуючи ймовірність ненавмисного надання або заборони непотрібного чи невідповідного доступу. СУБД повинна підтримувати модель ролей і дозволів доступу, яка є достатньо надійною для обробки складних наборів умов, за яких доступ буде надано, а також, повинна мати можливість представляти і реалізовувати різні парадигми управління доступом - від доступу на основі ролей і дозволів до підходів, заснованих на даних, що базуються на атрибутах користувачів і ресурсів [1].

Системи керування базами даних повинні підтримувати модель ролей і дозволів, яка є достатньо надійною, щоб справлятися зі складними умовами доступу та бути здатною представляти й реалізовувати різні парадигми контролю доступу – від керування на основі ролей і дозволів до керування на основі атрибутів користувача та ресурсу. При цьому має бути використаний один з основних механізмів об'єктно-орієнтованого програмування – інкапсуляція, що забезпечує логічне відокремлення внутрішньої реалізації механізмів автентифікації та авторизації від зовнішнього інтерфейсу взаємодії користувача з інформаційною системою. Це дозволяє не лише зменшити ризик несанкціонованого доступу до чутливої інформації, а й створити гнучку, масштабовану архітектуру безпеки, в якій оновлення або модифікація політик доступу не потребує втручання у базову логіку системи. Таким чином, впровадження засобів авторизації та автентифікації в інформаційній системі управління організацією повинно передбачати не лише суворе дотримання вимог інформаційної безпеки, а й орієнтацію на принципи інкапсуляції як засобу підвищення цілісності та керованості архітектури програмного забезпечення.

Література

1. Ertem O. Identity and Access Management: Business Performance Through Connected Intelligence, Syngress Media: 1st edition, Syngress; 2013, с. 33.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

Макаров В. Д., здобувач 3 курсу бакалавріату, ХТ-22д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Нафта є однією з найважливіших сировин у світовій економіці. Вона слугує джерелом пального, мастил, хімічних реагентів та інших матеріалів, необхідних у різних галузях промисловості. Проте у своєму природному вигляді нафта не використовується. Для того, щоб отримати з неї корисні продукти, потрібна переробка. Сучасні методи переробки нафти дозволяють значно підвищити ефективність цього процесу, отримуючи більше цінних фракцій, зокрема бензину, дизельного пального, гасу та інших.

Існують декілька методів переробки нафти:

Атмосферна перегонка.

Першим етапом переробки є атмосферна перегонка – процес, під час якого нафта розділяється на фракції за температурою кипіння. У результаті утворюються легкі (бензинова, гасова), середні та важкі фракції. Проте цей метод не дозволяє отримати достатню кількість бензину та високоякісного пального.

Каталітичний крекінг

Один із найпоширеніших сучасних методів – каталітичний крекінг. Це процес розщеплення важких вуглеводнів на легші з використанням каталізаторів. Він дозволяє отримувати більшу кількість бензину високої якості, а також зменшити кількість залишкових продуктів. Завдяки каталітичному крекінгу досягається оптимальний вихід цільових продуктів при меншому енергоспоживанні.

Гідрокрекінг

Ще один сучасний метод – гідрокрекінг. Він відбувається у середовищі водню за високого тиску і температури. Гідрокрекінг забезпечує не лише високу якість кінцевого продукту, а й його екологічну безпечність – знижується вміст сірки, азоту та інших шкідливих домішок. Особливо актуальний цей процес у контексті сучасних екологічних стандартів.

Риформінг

Процес риформінгу застосовується для підвищення октанового числа бензину. За допомогою каталізаторів структура вуглеводнів змінюється, що дозволяє значно покращити якість пального. Також у цьому процесі виділяється водень, який можна використати у гідрокрекінгу.

Ізомеризація та алкілування

Методи ізомеризації та алкілування спрямовані на перетворення низькооктанових фракцій у більш цінні компоненти бензину. Вони дозволяють отримати додаткові об'єми високооктанового пального без збільшення обсягів нафти, що переробляється.

Найпопулярніший метод переробки нафти у світі – це каталітичний крекінг.

Каталітичний крекінг – це хімічний процес, під час якого важкі вуглеводні з нафти розщеплюються на легші фракції (зокрема бензин) під дією високої температури і каталізатора.

До основних етапів цього процесу відносяться:

Підготовка сировини.

Важкі фракції нафти (газойль) очищають від домішок і нагрівають до температури приблизно 450–550°C.

Вступ у реактор.

Нагріта сировина подається у спеціальний реактор – флюїдизований шар каталізатора. Це мілкодисперсний порошок (переважно цеоліт), який поводить як рідина завдяки циркуляції газу.

Каталітичне розщеплення.

Під дією каталізатора та високої температури, великі молекули вуглеводнів розщеплюються на менші:

- утворюється бензин, пропан, бутан, дизельні фракції
- утворюється невелика кількість твердого залишку – коксу

Очищення каталізатора.

Каталізатор після реакції втрачає активність через осідання коксу. Його направляють у спеціальну камеру – регенератор, де кокс спалюється, а каталізатор знову стає активним.

Відбір продуктів.

Отримані продукти охолоджуються, розділяються і направляються на подальшу обробку (наприклад, на риформінг чи ізомеризацію).

До основних переваг цього методу відносяться:

Високий вихід бензину.

Процес дозволяє отримати велику кількість бензину високої якості з важких фракцій нафти, що робить його ефективним методом для задоволення попиту на це паливо.

Покращення якості пального.

Бензин, отриманий за допомогою каталітичного крекінгу, має високе октанове число, що підвищує ефективність роботи двигунів і знижує їх забруднення.

Економічність та енергозбереження.

Процес каталітичного крекінгу є енергозберігаючим і дозволяє знижувати витрати на переробку важких нафтопродуктів. Це робить його економічно вигідним для нафтопереробних підприємств.

Мінімізація відходів.

У порівнянні з іншими методами, каталітичний крекінг утворює менше відходів (таких як коксу), що знижує потребу в їх утилізації та зменшує забруднення навколишнього середовища.

Гнучкість у використанні сировини.

Цей метод дозволяє переробляти різні типи нафти (включаючи важкі фракції), що підвищує його універсальність та ефективність у використанні різних нафтових ресурсів.

Каталітичний крекінг є одним із найефективніших і найпоширеніших методів переробки нафти. Завдяки своїй здатності забезпечувати високий вихід бензину та інших цінних продуктів, підвищувати якість пального та знижувати енергетичні витрати, цей процес є ключовим для сучасної нафтопереробної промисловості. Він не лише економічно вигідний, а й екологічно безпечний, оскільки дозволяє зменшити забруднення та утворення відходів. Завдяки своїй гнучкості та ефективності, каталітичний крекінг залишається важливим елементом у забезпеченні світового попиту на енергоносії та екологічно чисті палива.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ РЕАКТОРОМ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ

Сафонов О.Д., аспірант, Сотнікова Т.Г., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою дослідження є створення комп'ютерно-інтегрованої системи управління реактором полімеризації, зокрема для виробництва поліетилену, з використанням методів машинного навчання. Такий підхід дозволяє автоматизувати контроль температури та інших критичних параметрів у режимі реального часу, зменшуючи ризики відхилення процесу та підвищуючи ефективність роботи установки [1-3].

Процеси полімеризації є складними, нелінійними та чутливими до змін у технологічному середовищі. Традиційні системи автоматизації обмежені жорсткими

алгоритмами і не завжди здатні адаптуватися до змін у процесі. Впровадження інтелектуальних систем управління знижує кількість аварійних ситуацій, зменшує енергоспоживання і стабілізує якість продукції [2, 3].

Виробництво поліетилену здійснюється шляхом полімеризації етилену у реакторах під високим, середнім або низьким тиском. Найбільш поширені технології включають полімеризацію в газовій фазі (fluidized bed reactors) і в суспензії (slurry reactors). Ключовими параметрами, що впливають на процес, є температура (100–300 °C), тиск (10–3000 атм), тип каталізатора, а також ступінь конверсії мономеру [1].

Установка для полімеризації потребує суворого контролю, оскільки незначне відхилення температури або тиску може призвести до нерівномірного розподілу молекулярної маси полімеру, втрати продуктивності або навіть до аварійної зупинки [1].

Запропонована система автоматизує моніторинг та керування основними параметрами полімеризації (температура, тиск, подача каталізаторів) за допомогою глибокого навчання та моделей прогнозування. Використовується підхід Model Predictive Control на основі глибоких нейронних мереж (наприклад, LSTM або CNN), який дозволяє передбачити поведінку реактора й адаптивно коригувати керуючі впливи [2].

Також система передбачає збір даних із датчиків у реальному часі, їх попередню обробку та навчання моделі для виявлення трендів, відхилень або наближення до аварійного стану [3].

Використання комп'ютерно-інтегрованих систем з машинним навчанням у сфері виробництва поліетилену відкриває нові можливості для гнучкого керування складними реакторними процесами. Це дозволяє підвищити якість продукції, зменшити витрати та підвищити безпеку хімічного виробництва [2][3].

Джерела

1. Zhou, Jianguo. Polyethylene plastic production process. – ResearchGate. 2018. URL:https://www.researchgate.net/publication/325715647_Polyethylene_plastic_production_process/fulltext/5b1fc5c60f7e9b0e373ec206/Polyethylene-plastic-production-process.pdf (дата звернення: 18.04.2025)
2. Hoseinzadeh, M. J., et al. Deep Learning Model Predictive Control of a High-Density Polyethylene Slurry Reactor. – Chemical Engineering Journal, Volume 482, 2024. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098135424002084> (дата звернення: 18.04.2025)
3. Hong, X., et al. A Reinforcement Learning-Based Temperature Control of Fluidized Bed Reactor in Gas-Phase Polyethylene Process. – Computers & Chemical Engineering, Volume 183, 2024. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135424000061> (дата звернення: 18.04.2025)

FLUTTER ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ КРОСПЛАТФОРМЕННОЇ РОЗРОБКИ МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ

Бабков А.С., Рудніченко М.Д.

Національний університет «Одеська політехніка»

Flutter – це сучасний фреймворк від компанії Google, який дозволяє створювати високопродуктивні кросплатформені додатки з єдиною кодовою базою. Його головна особливість — використання мови Dart і власного рендерингового рушія, що дозволяє досягати нативного рівня продуктивності та гнучкості у створенні інтерфейсів. Flutter має широку спільноту розробників, велику кількість плагінів і активну підтримку з боку Google. Flutter забезпечує:

- Швидку розробку: Завдяки hot reload можна миттєво бачити зміни в коді без повної перезбірки додатку.

- Універсальність: Flutter дозволяє створювати додатки не лише для iOS та Android, а й для Web, Windows, macOS і Linux.
- Гнучку побудову UI: Все є віджетом, що дає можливість створювати складні кастомні інтерфейси.
- Високу продуктивність: Рендеринг відбувається напряду через Skia, мінаючи нативні компоненти платформи.

Flutter має високий рівень оптимізації на рівні ядра фреймворка. Його архітектура побудована на принципах композиції віджетів, де кожен елемент інтерфейсу є імютабельним об'єктом з чітко визначеним життєвим циклом. Це дозволяє досягати стабільного фреймрейту 60fps на більшості пристроїв завдяки ефективному використанню механізму dirty checking при перемальовуванні інтерфейсу.

Мова програмування Dart, на якій побудований Flutter, реалізує ефективну компіляцію як у нативний код (АОТ), так і у байт-код (JIT). Це особливо важливо для реалізації функції hot reload, яка працює за рахунок інкрементної компіляції змінених ділянок коду під час розробки. Система типів Dart з підтримкою null safety додатково підвищує надійність кодової бази.

Як видно з Таблиці 1, Flutter демонструє переваги у всіх ключових аспектах порівняно з React Native та нативною розробкою. Він забезпечує найкращий баланс між швидкістю розробки, продуктивністю та гнучкістю, а також підтримує найбільшу кількість платформ. Це робить його оптимальним вибором для розробників, які хочуть створювати якісні кросплатформенні додатки з мінімальними витратами ресурсів.

Таблиця 1 – Порівняння розглянутих підходів

Критерій	Flutter	React Native	Нативна розробка
Швидкість розробки	Висока	Висока	Низька
Продуктивність	Висока	Середня	Максимальна
Гнучкість в UI	Максимальна	Висока	Висока
Покриття платформ	6+ платформ	2 платформи	1 платформа
Простота підтримки	Висока	Середня	Низька

Висновки. Flutter є потужним інструментом для створення сучасних кросплатформених додатків. Він поєднує в собі високу продуктивність, простоту у використанні та широкі можливості налаштування інтерфейсу. У дипломній роботі реалізація додатку на Flutter дозволяє швидко створити прототип та розширити його функціональність без дублювання коду для різних платформ. Подальший розвиток екосистеми Flutter робить його перспективним вибором для сучасної мобільної розробки.

Література

1. Документація Flutter: [Електроний-ресурс]. URL: <https://flutter.dev/docs>

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ У ТЕХНІЧНИХ ІТ-ПРОЄКТАХ

Бобровник Д. В., Лифар В. О., д.т.н.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Управління ризиками в технічних ІТ-проектах є критично важливим завданням, оскільки затримки, перевищення бюджету або технічні збої можуть призвести до значних економічних і репутаційних втрат. Технічні ІТ-проекти, такі як розробка систем автоматизації, вбудованих систем або програмного забезпечення для промислових застосувань, характеризуються високою складністю, багатоконпонентністю та залежністю від зовнішніх факторів, таких як апаратне забезпечення, інтеграція з legacy-системами та кіберзагрози. У цьому контексті інформаційні технології, зокрема методи машинного

навчання та аналізу даних, стають потужним інструментом для прогнозування ризиків, дозволяючи завчасно виявляти потенційні проблеми та оптимізувати управлінські рішення. Актуальність дослідження зумовлена зростанням складності ІТ-проектів і необхідністю підвищення їхньої успішності в умовах обмежених ресурсів.

Метою дослідження є розробка інформаційної технології для прогнозування ризиків у технічних ІТ-проектах на основі інтеграції методів машинного навчання та аналізу великих даних. Для досягнення мети використано гібридний підхід, який поєднує класичні методи управління ризиками (наприклад, РМВОК) із сучасними технологіями обробки даних. Як базова модель прогнозування обрано ансамблевий алгоритм градієнтного бустингу (Gradient Boosting Decision Trees, GBDT), реалізований через бібліотеку XGBoost, завдяки його високій точності та здатності працювати з нелінійними залежностями. Для обробки текстових даних (звітів, специфікацій, логів) застосовано методи обробки природної мови (NLP), зокрема модель BERT, що дозволяє витягувати контекстуальні ознаки з неструктурованих даних.

Датасет для тренування моделі сформовано на основі історичних даних 150 технічних ІТ-проектів, виконаних у період 2020–2024 років, що включають інформацію про терміни виконання, бюджет, технічні збої, кіберінциденти та людські фактори. Загалом датасет містить понад 10 000 записів із 50 ознаками, серед яких: тривалість етапів проекту, кількість залучених розробників, частота змін вимог, рівень складності інтеграції та кількість виявлених дефектів. Для оцінки ризиків використано метрики ймовірності (P) та впливу (I), об'єднані в індекс ризику:

$$R = P \times I.$$

Прогнозування ризиків здійснювалося у два етапи. На першому етапі виконано попередню обробку даних: нормалізацію числових ознак, кодування категоріальних змінних (One-Hot Encoding) та видалення аномалій за допомогою алгоритму Isolation Forest. Для текстових даних застосовано токенізацію та ембедінги, отримані через BERT, які потім інтегровано з числовими ознаками. На другому етапі модель XGBoost тренувалася з використанням крос-валідації (5-fold cross-validation) для уникнення перенавчання. Функція втрат визначена як середньоквадратична помилка (MSE), а для оцінки якості моделі використано метрики R^2 (коефіцієнт детермінації) та MAE (середня абсолютна помилка).

Результати експериментів показали, що запропонована модель досягає $R^2 = 0.89$ та $MAE = 0.12$ на тестовому наборі даних, що значно перевищує показники традиційних методів, таких як регресійний аналіз ($R^2 = 0.65$, $MAE = 0.25$). Найвищий внесок у прогнозування ризиків мають ознаки: частота змін вимог (25% ваги), рівень складності інтеграції (18%) та кількість кіберінцидентів (15%), що підтверджує необхідність комплексного підходу до управління ризиками. Для оцінки інтерпретовності моделі використано метод SHAP (SHapley Additive exPlanations), який дозволив ідентифікувати ключові фактори ризику для кожного етапу проекту.

Запропонована інформаційна технологія реалізована у вигляді програмного модуля на Python 3.9 з використанням фреймворків XGBoost, Transformers (Hugging Face) та Scikit-learn. Для прискорення обчислень використано графічний процесор NVIDIA RTX 3090 з підтримкою CUDA. Модуль інтегровано з системою управління проектами Jira, що дозволяє автоматично генерувати попередження про потенційні ризики на основі прогнозів моделі. Практичне тестування на реальному ІТ-проекті (розробка системи автоматизації для промислового підприємства) показало зниження ймовірності затримок на 30% та економію бюджету на 15% завдяки завчасному виявленню ризиків, пов'язаних із несумісністю апаратного забезпечення.

Перспективи подальших досліджень включають: 1) інтеграцію методів глибокого навчання (зокрема, рекурентних нейронних мереж LSTM) для прогнозування часових рядів

ризиків; 2) розробку адаптивної системи, яка враховує динамічні зміни в проєкті в реальному часі; 3) розширення моделі для прогнозування ризиків у крос-доменних ІТ-проєктах, таких як інтеграція IoT та хмарних технологій.

Література

1. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2016. – P. 785–794. DOI: 10.1145/2939672.2939785.
2. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // arXiv preprint arXiv:1810.04805. – 2018.
3. Lundberg S. M., Lee S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2017. – P. 4765–4774.

ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКОВИХ ЗУБОРІЗНИХ ФРЕЗ В CAD-СИСТЕМІ CREO PARAMETRICS

Логунов О. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Параметричне моделювання стає критично важливим інструментом для оптимізації виробничих процесів і забезпечення швидкого налаштування виробництва і дозволяє вирішувати проблеми, властиві сучасним інженерним викликам.



Рисунок. Параметрична тривимірна модель дискової зуборізної фрези

Тобто форма фрези повторює форму западини між зубцями колеса. Creo Parametrics дозволяє змодельовати евольвентну ділянку зуба фрези за допомогою теоретичних формул рівняння евольвенти на базі декількох параметрів – а саме модуля, числа зубців колеса і кута зачеплення. Раніше, наприклад при використанні APM WinMachine, ці ділянки створювались наближено, за допомогою сплайнів по характерним точкам. Моделювання в Creo Parametrics є більш точним, гнучким і наочним. Існує багато методичного матеріалу, який описує створення параметризованих моделей евольвентних зубчатих коліс [2]. Він може бути використаний і під час моделювання фрези. Операція створення кривої за

Дискові фрези для нарізування некоригованих зубчастих коліс виконуються у вигляді комплектів з 8, 15 або 26 фрез для кожного модуля і тому є типовим об'єктом для вивчення сучасних методів параметричного моделювання. Раніше в університеті використовувалась російська система APM WinMachine [1]. В 2019 в рамках міжнародного проєкту «Модернізація інженерної освіти для підтримки конкурентоспроможності промисловості Луганської області» була отримана ліцензія на систему PTC Creo Parametrics. Ця система має багато можливостей, продемонструвати які дозволяє складна форма зуборізної фрези і те, що комплект фрез складається із декількох однотипних деталей, які відрізняються деякими розмірами.

Дискова фреза – це інструмент, який застосовується під час виготовлення зубчастих коліс методом копіювання.

допомогою рівняння дозволяє отримати не тільки евольвенту, а і спіраль Архімеда, яка використовується для затилування зубів фрези.

Ключовим інструментом для організації, управління та автоматизації створення моделі в CAD-системах є таблиця параметрів. Таблиця параметрів слугує як єдиний центр управління всіма змінними, що визначають геометрію та характеристики фрези. Замість того, щоб вручну вводити значення для кожного елемента моделі (наприклад, діаметра, висоти зуба), параметри зберігаються в таблиці, звідки CAD-система автоматично бере значення. Таблиця параметрів дозволяє задавати математичні або логічні залежності між параметрами за допомогою рівнянь (у Creo це Relations). Це зменшує ризик помилок і спрощує масштабування моделі. Таблиця параметрів може бути використана для створення кількох варіантів фрези в рамках однієї моделі за допомогою функції Family Table. Таблиця параметрів дозволяє передавати параметри моделі в CAE-системи (наприклад, ANSYS) для аналізу міцності, теплового впливу чи вібрацій, а також проводити параметричну оптимізацію. Таблиця параметрів може бути включена в креслення або технічну документацію, щоб показати ключові характеристики фрези та їх зв'язок із геометрією. Це забезпечує синхронізацію між моделлю та документацією, зменшуючи ризик помилок у специфікаціях.

Процес автоматизованої побудови кресельника за тривимірною моделлю докладно описаний [3].

Література

1. Кроль О.С, Шумакова Т.О., Соколов В.І. Проектування зуборізних інструментів з використанням системи КОМПАС: навчальний посібник. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. 144 с.

2. Creo Help Centers. URL: <https://www.ptc.com/en/support/help/creo> (дата звернення: 23.03.2025).

3. Романченко О.В., Логунов О.М. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи CAD, CAM, CAE» Частина I Генерація креслень з тривимірної моделі валу в CAD-системі PTC Creo (для здобувачів вищої освіти спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування») (Електронне видання) Сєверодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2020. 20 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕБРОЗРОБКИ

Рюмін О.О., Тягунова М.Ю., к.т.н., доцент, Киричек Г.Г., к.т.н., доцент
Національний Університет "Запорізька політехніка"

Веброзробка є однією з найдинамічніших галузей ІТ-індустрії. З розвитком технологій та збільшенням вимог до продуктивності, швидкості та зручності вебдодатків, виникає потреба у виборі оптимальних методів та інструментів розробки. Важливим аспектом є оцінка ефективності різних методів з точки зору швидкості, складності навчання, витрат на впровадження та ефективності використання у сучасних проєктах.

Метою цієї роботи є аналіз та оцінка методів оптимізації веброзробки для підвищення продуктивності та ефективності створення вебсистем. Основними завданнями є:

- аналіз існуючих архітектур вебсистем;
- порівняння популярних фреймворків і мов програмування;
- визначення оптимального підходу для сучасних вебпроєктів.

Кожна розробка вебсистеми починається з вибору архітектури, що визначає її продуктивність та масштабованість. Основні типи архітектур програмного забезпечення [1] сформовано у таблиці.

Таблиця – Типи архітектури програмного забезпечення

Назва	Опис
Монолітна	вся програма складається з єдиного блоку коду, де всі частини взаємодіють прямо одна з одною.
Мікросервісна	поділяє систему на багато дрібних автономних частин (мікросервісів), де кожен виконує окрему функцію.
Клієнт-серверна	складається з двох частин: клієнт (зазвичай це те, що бачить користувач — наприклад, браузер) і сервер (місце, де зберігаються дані і виконується основна логіка).
Сервіс-орієнтована	всі частини системи представлені у вигляді незалежних сервісів, які можуть обмінюватися даними один з одним. Це схоже на мікросервісну архітектуру, але орієнтоване на більші сервіси.
Подійно-орієнтована архітектура	архітектура побудована навколо подій — маленьких повідомлень, що відправляються, коли щось відбувається в системі. Різні компоненти (сервіси) реагують на ці події.

Серед найбільш популярних мов програмування для веброзробки розглядаються: Java, JavaScript, PHP, Python. Для оптимізації процесу розробки використовуються такі фреймворки:

- JavaScript: React.js, Angular.js, Vue.js, Express.js, Node.js – забезпечують високу продуктивність на клієнтській стороні, мають велику екосистему та підтримують асинхронність;
- Python: Flask, FastAPI, Pyramid – мають простий синтаксису, гнучкість, популярність у сфері розробки API;
- Java: Spring, Spring Boot, Spark, Hibernate, які забезпечують стабільність і безпеку, підходять для масштабних проєктів;
- PHP: Laravel, Symfony, Phalcon [2] – надають швидкість розробки, доступність великої кількості бібліотек.

При виборі мови програмування слід враховувати наступні аспекти:

- швидкість виконання коду;
- складність розробки;
- наявність фреймворків та бібліотек;
- вартість навчання та доступність фахівців.

Таким чином, результати дослідження дозволять визначити оптимальні методи розробки вебсистем для економії часу та ресурсів. Правильний вибір архітектури, фреймворків та мови програмування суттєво впливає на продуктивність вебдодатків та ефективність роботи команди розробників.

Література

1. Art of Business analysis (2024) Basic types of software architecture. <https://www.artofba.com/uk/post/main-types-of-software-architecture>
2. Tiahunova M.Yu., The system for testing different versions of the PHP / M.Yu. Tiahunova, H.H. Kyrychek, Y.D. Turianskyi // Proceedings of the 3rd Edge Computing Workshop, doors-2023 : April 7, 2023 : theses of reports. – Zhytomyr, Ukraine, 2023, – P. 112-129. (Vol-3374).

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР

Романюк О.Н.¹, д.т.н., проф., Майданюк В.П.¹, к.т.н., доцент, Гайдей С.О.¹, Тітова Н.В.²,
д.т.н., проф., Романюк С.О.², к.т.н., ст. викладач

¹ *Вінницький національний технічний університет*

² *Національний університет «Одеська політехніка»*

Сучасні комп'ютерні ігри [1-2] є складним культурно-технологічним феноменом, який об'єднує індустрію розваг, мистецтво, програмування та психологію. Вони значно еволюціонували від простих аркад до високореалістичних інтерактивних світів з розвиненою сюжетною лінією, продуманою механікою та дивовижною графікою. Однією з ключових особливостей сучасних ігор є високий рівень візуального реалізму, який досягається завдяки використанню передових графічних рушіїв, таких як Unreal Engine чи Unity. Ці рушії забезпечують підтримку фізично-коректного рендерингу, реалістичних тіней, глобального освітлення, а також широкі можливості для моделювання складних віртуальних середовищ. Також важливою особливістю є мережевий мультиплеєр, що дозволяє гравцям з різних куточків світу взаємодіяти в режимі реального часу, створюючи новий рівень соціальної взаємодії та змагальності. Все частіше ігри використовують штучний інтелект для покращення поведінки неігрових персонажів, генерації контенту або адаптації сюжету до дій гравця. Крім того, зростає популярність так званих ігор-сервісів, які постійно оновлюються, розвиваються і підтримуються після релізу шляхом мікротранзакцій, сезонних оновлень та інтеграції з хмарними платформами. Важливу роль також відіграє кросплатформність, це можливість грати в одну і ту ж гру з різних пристроїв, включаючи ПК, консолі та мобільні телефони. Не менш значущим є елемент гейміфікації, який активно використовується не лише в розважальних, але й в освітніх, тренувальних та терапевтичних іграх. Сучасні комп'ютерні ігри також формують власну економіку з віртуальними валютами, внутрішньоігровими товарами, маркетплейсами та навіть кіберспортивними лігами, що перетворюють гру на професійну діяльність.

Ще однією важливою тенденцією сучасних комп'ютерних ігор є розширення жанрової різноманітності та орієнтація на різні цільові аудиторії. Якщо раніше домінували шутери, аркади та стратегії, то нині активно розвиваються жанри симуляторів життя, інтерактивного кіно, візуальних новел, інді-ігор та освітніх продуктів. Відбувається поєднання жанрів, що створює нові формати ігрового досвіду. Великий вплив на ігрову індустрію мають також технології віртуальної та доповненої реальності, які дозволяють гравцю повністю зануритись у вигаданий світ. Це відкриває нові можливості не лише для розваг, а й для медицини, архітектури, освіти та військової підготовки. У сучасному світі комп'ютерні ігри стали потужним засобом самовираження — гравці можуть створювати власних персонажів, писати модифікації, вести стріми та формувати онлайн-спільноти за інтересами. Поряд з цим зростає й етична відповідальність розробників — у центрі уваги опиняються теми насильства, гендерної рівності, дискримінації та впливу ігор на психіку молоді. З'являються ігри з глибоким соціальним підтекстом, які не лише розважають, але й провокують на роздуми. Багато з них піднімають питання ідентичності, вибору, моралі та впливу особистих рішень. У результаті комп'ютерні ігри все більше розглядаються як форма мистецтва, здатна передавати складні ідеї та викликати емоційний відгук. Усе це свідчить про те, що сучасна індустрія комп'ютерних ігор є не лише рушієм технологічного прогресу, а й важливою складовою культури ХХІ століття, яка впливає на освіту, економіку, соціальну поведінку та світогляд людини.

Завдяки популярності ігор формуються мільйонні онлайн-спільноти, де відбувається постійна взаємодія між розробниками та гравцями, створюються фанатські модифікації, фан-арт, літературні твори, а також підтримується розвиток ігрової культури. У середовищі цифрової молоді комп'ютерні ігри відіграють роль нелише розваги, а й соціалізації,

самореалізації, формування навичок командної роботи, стратегічного мислення та прийняття рішень в умовах обмеженого часу. Водночас не можна ігнорувати і ризики, пов'язані з надмірним ігровим захопленням, розвитком ігрової залежності, зниженням фізичної активності та соціальної ізоляції, особливо серед підлітків. Це вимагає уважного ставлення до часу, проведеного в іграх, а також розробки балансованих стратегій інтеграції ігор у життя людини без шкоди її здоров'ю та особистісному розвитку. Таким чином, аналізуючи особливості сучасних комп'ютерних ігор, можна зробити висновок, що це вже не просто технологічний продукт, а багатогранне явище, яке об'єднує інновації, творчість, соціальні виклики.

Література

1. Schell J. O. The Art of Game Design: A Book of Lenses. CRC Press, 2019. — 654 с.
2. Koster R. A Theory of Fun for Game Design. O'Reilly Media, 2020. — 304 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВАНТАЖІВОК І САМОКЕРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У КОМЕРЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Ганжеєв Д.І., асистент, Акольцев М.Ю., студент

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

Глобальний ринок електричних вантажних транспортних засобів вже досяг позначки понад 3 млрд. доларів США на рік, демонструючи стійку позитивну динаміку, обумовлену як прогресом у технологіях зберігання енергії, так і посиленням міжнародних екологічних стандартів. За оцінками галузевих аналітиків, за збереження поточних трендів та реалізації державних програм стимулювання, обсяг цього ринку може перевищити 45 млрд. доларів до 2030 року. Провідну позицію у впровадженні електровантажівок займає Китайська Народна Республіка, де завдяки масштабним субсидіям, пільговому оподаткуванню та централізованому плануванню інфраструктури вже сформовано значну частку світового парку електровантажного транспорту. У Сполучених Штатах Америки та країнах Європейського Союзу також спостерігається поступова електрифікація комерційних перевезень, що відбувається переважно під впливом нормативних актів щодо обмеження викидів CO₂, зокрема Регламенту (ЄС) 2019/1242, який встановлює обов'язкові цільові показники скорочення викидів для важких транспортних засобів [1, 2].

З позиції довгострокової експлуатаційної ефективності електричні вантажні автомобілі виявляються економічно доцільними вже протягом перших кількох років використання, що зумовлено суттєвим зниженням загальної вартості володіння (ТСО). Відсутність необхідності у надлишковому споживанні мастильних матеріалів, значно нижчий ступінь зносу гальмівних елементів за рахунок рекуперативного гальмування, а також повна елімінація витрат на дизельне паливо забезпечують зменшення експлуатаційних витрат до 30-40 % у міському циклі. Рекуперативні системи нового покоління демонструють коефіцієнт повернення енергії, що сягає 30 % від початкових витрат, особливо в умовах частих зупинок, характерних для міських агломерацій [2].

У сфері автономного транспорту, де відбувається поетапний перехід від систем допомоги водієві (рівень SAE 2) до повністю автономних рішень (SAE 4-5), ключові гравці ринку – Waymo, TuSimple, Aurora Innovation, Tesla та інші – впроваджують пілотні програми з масштабування технологій. Уже сьогодні автономні транспортні засоби здійснюють комерційні перевезення на обмежених маршрутах без безпосередньої участі водія, наприклад, на магістральних ділянках між логістичними хабами. Однак досягнення повної автономності потребує подальшого удосконалення сенсорних систем, алгоритмів прийняття рішень та нормативної гармонізації між юрисдикціями [3].

Інфраструктурні бар'єри залишаються суттєвими обмеженнями для масштабного впровадження електровантажівок. Найбільш критичними є недостатня щільність зарядних станцій високої потужності, обмеженість пропускної здатності локальних енергомереж та необхідність їх модернізації відповідно до зростаючого енергоспоживання. Індустріальні ініціативи, зокрема розробка систем зарядки Megawatt Charging System (MCS), спрямовані на забезпечення зарядки до 1 МВт, що відкриває можливості для обслуговування вантажного автотранспорту далекого прямування. Проте, вартість однієї такої зарядної станції може перевищувати \$100 тис., що потребує багаторівневого державного та приватного співфінансування.

Юридичні аспекти функціонування автономного вантажного транспорту залишаються нерозв'язаними. Відсутність єдиної правової концепції відповідальності у разі дорожньо-транспортної пригоди за участю самокерованого транспортного засобу створює правову невизначеність щодо суб'єкта відповідальності: виробника, розробника програмного забезпечення або оператора системи. Соціальні наслідки також викликають занепокоєння: прогнозується поступове витіснення традиційних професій водіїв, що може призвести до структурної трансформації ринку праці. Водночас виникають нові робочі місця у сферах технічного обслуговування електричних та автономних систем, аналізу великих даних (Big Data), кібербезпеки та розробки штучного інтелекту для транспортної галузі [4].

У контексті довгострокового техніко-економічного прогнозування активно вивчаються альтернативні технології тяги, зокрема водневе паливо як потенційно ефективне рішення для міжрегіональних перевезень з великим добовим пробігом. Серед його основних переваг – висока енергоємність та швидкість дозаправки. Інженерні рішення з повної автоматизації логістичних центрів, включаючи роботизовані термінали та самостійні платформи, перебувають на стадії пілотних випробувань та можуть стати масовими протягом наступного десятиліття [5].

Таким чином, електричні та автономні вантажні транспортні засоби утворюють ядро парадигмальних змін у сфері комерційної логістики, поєднуючи екологічну відповідальність, економічну ефективність і технологічну інноваційність. Проте повномасштабна інтеграція таких рішень у транспортну систему потребує синергії технічних, нормативно-правових та соціальних трансформацій, що повинні бути підтримані на державному, галузевому та міжнародному рівнях.

Література

1. Global EV Outlook 2024: Moving towards increased affordability / International Energy Agency. 2024. 174 p.
2. Anderson A.-M., Kish R. J. The Costs and Benefits of Electric Trucks: A Synopsis of the U.S. Trucking Market. Sustainability. 2025. Vol. 17, Is. 5. P. 1–17.
3. Хітров І. О. Застосування електричних транспортних засобів для вантажних перевезень. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. № 1 (22). С. 330–336.
4. Електромобільність в Україні: реалії розвитку, європейський контекст і вплив воєнного стану / Стецюк О. В. та ін. Наукові інновації та передові технології. 2024. № 9 (37). С. 770–795.
5. Spatial and Temporal Analysis of the Total Cost of Ownership for Class 8 Tractors and Class 4 Parcel Delivery Trucks / Hunter C. et al. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021. 119 p.

РОЛЬ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗНОСОСТІЙКОСТІ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ

Ніколаєнко А.П., к.т.н., доцент, Романченко О.В., к.т.н., доцент,

Шумакова Т.О., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

До основних технологічних заходів, що підвищують довговічність машин, можна віднести такі: розробка високозносостійких матеріалів для різних умов експлуатації машин та отримання з них заготовок високої якості, близьких за формою та розмірами до готових деталей; створення технологічних прийомів, що забезпечують виготовлення деталей заданої точності та стабільності, як за розмірами, так і за фізико-механічними властивостями; застосування методів контролю якості матеріалів, заготовок та готових виробів за відповідними показниками надійності, використання процесів зміцнювальної обробки для отримання необхідної якості робочих поверхонь деталей машин з високим опором зношування та поломок у різних умовах експлуатації.

Найбільш поширені наступні технологічні методи підвищення зносостійкості деталей машин: термічна обробка, хімічна обробка, хіміко-термічна обробка, поверхневе пластичне деформування, алмазне вигладжування, зміцнення карбуванням, гідрополірування, обробка поверхні вибуховим навантаженням антифрикційних властивостей, наплавлення та ін.

Серед методів пластичного деформування великий інтерес становить віброабразивна зміцнююча обробка. Обробка проводиться на вібраційних верстатах (ВіО-верстатах), найчастіше, з U-подібною формою контейнера. Контейнери виготовляють з різним розмірним рядом об'ємом від 3 до 1000л і більше. Верстати забезпечують можливість роботи на різних режимах (амплітудах від 0,5 до 7-10 мм та частотах 33-80 Гц). При цьому в контейнер одночасно завантажують значну кількість деталей. Саме універсальність обладнання для ВіО забезпечує можливості здійснення з її допомогою цілого ряду операцій, таких як зачисні, оздоблювальні, у тому числі зміцнюючі.

Пластичність при обробці тиском залежить від природи металу чи сплаву, його хімічного складу, структури, механічних властивостей, температури нагріву, швидкості та ступеня деформації, а також від схеми напруженого стану. Наявність у металі пор, газових бульбашок, твердих і крихких неметалевих включень, мікро- та макротріщин знижує його пластичність.

На процес віброабразивної обробки впливають понад 50 факторів. Аналітично описати цей процес досить складно, і тому велике значення надається експериментальним дослідженням.

Мікротвердість H_c є дуже важливою складовою характеристики фізико-механічних властивостей поверхневого шару і її слід розглядати як наслідок пружнопластичних деформацій, викликаних дією ударно-хвильових процесів, що супроводжують вібраційну дію. Метою експериментальних досліджень було вивчення процесу деформацій та аналіз параметрів, що впливають на зміну мікротвердості поверхневого шару при вібраційній обробці.

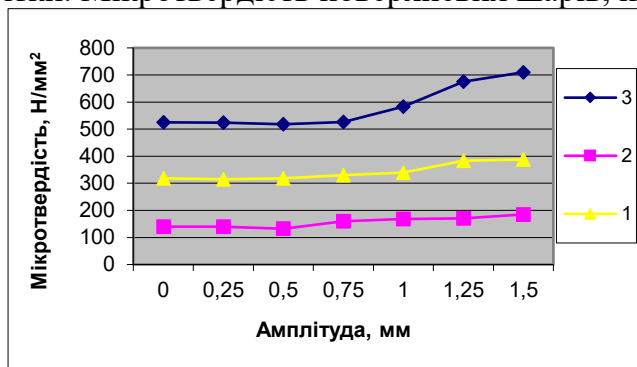
Результати дослідження впливу амплітуди і частоти коливань при віброабразивній обробці зразків зі сталі 45 (відпаленої та загартованої) на формування вібронаклепу поверхні представлені на рис. 1. Аналіз отриманих результатів показує, що зі збільшенням амплітуди коливань відзначається збільшення мікротвердості поверхневого шару, що можна пояснити збільшенням сил мікроударів гранул робочого середовища (в даному випадку сталевих загартованих кульок), що впливають на оброблювану поверхню зразків. При найбільшій для прийнятих умов обробки амплітуді коливань (1,5 мм) мікротвердість загартованої сталі 45 зросла на 15-22% і становить 388 Н/мм². Подібні дослідження проводилися у роботі. При

порівнянні отриманих результатів збігся характер кривих, але початкові параметри були різними, що відображено на графіках (крива 3) рис.1.

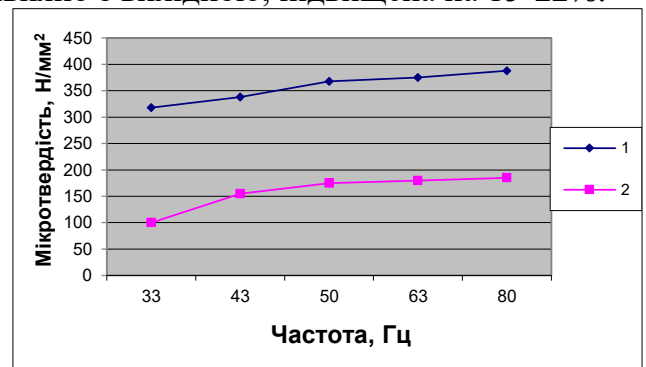
Якщо для загартованих зразків при амплітуді $A = 1,5$ мм зростання H_m припиняється, то для відпалених зразків є підстави очікувати подальшого збільшення H_m при збільшенні амплітуди коливань (див. рис. 1). Найбільша мікротвердість, виміряна на глибині 20 мкм, становила - 185 Н/мм².

Дослідження також показали, що як для відпалених, так і для загартованих зразків збільшення частоти коливань призводить до збільшення мікротвердості, що пояснюється збільшенням числа мікроударів.

Результати досліджень показують, що після вібраційної обробки протягом 60 хв структура в серцевині металу не змінюється, в поверхневих шарах спостерігається деяке подрібнення зерен, збільшення ділянок з сорбітною структурою і місцями розрив цементної сітки. Мікротвердість поверхневих шарів, порівняно з вихідною, підвищена на 15-22%.



а



б

Рис. 1. Вплив амплітуди та частоти коливань на мікротвердість поверхневого шару сталі 45, де: 1 – загартована сталь; 2 – відпалена сталь

Структура сталі є одним із основних параметрів, що впливають на якість поверхневого шару, у тому числі і його зносостійкість. Сталь 3. Структура даної сталі: ферит + перліт, з переважанням саме фериту, пухка, м'яка, не піддається термічній обробці та зміцненню, що й показали результати (знос матеріалу відносно постійний). Спостерігається стійке зниження шорсткості поверхні, тому ВіО рекомендується для обробки деталей з цієї сталі, як на зачисних операціях, так і на фінішних. Сталь 45. Структура даної сталі: ферит + перліт, що легко піддається зміцненню за допомогою ВіО (рис.5), що підтверджується та експериментально. Твердість матеріалу підвищується після ВіО на 15-22%, а зношування матеріалу зменшується в 2,46 рази. Отже, як фінішні операції для отримання низької шорсткості та зміцненого поверхневого шару можна рекомендувати ВіО методи, і слід продовжити дослідження щодо вибору оптимальних режимів обробки, в першу чергу, амплітуди, частоти та часу обробки.

Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень впливу параметрів процесу вібраційної обробки на формування мікротвердості поверхневого шару зразків дозволяють зробити наступні висновки.

1. Зі зростанням маси та твердості гранул робочого середовища, при незмінних режимах обробки, спостерігається пластичне деформування та підвищення мікротвердості поверхневого шару деталей.

2. Зносостійкість поверхні зразків для конструкційних сталей підвищується до 15-20%, на зносостійкість поверхневого шару впливають як величина шорсткості поверхні, і глибина наклепаного шару.

3. Враховуючи універсальність вібраційного обладнання, цей метод рекомендується використовувати для підвищення експлуатаційних властивостей виробу, у тому числі зносостійкості.

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GRAIN TRANSPORTATION BY RAIL

H.S. Baulina, PhD (Tech.), Associate Professor, Sputai I.P., master's student
Ukrainian state university of railway transport, Kharkiv

In the context of Ukraine's growing role as one of the world's leading exporters of agricultural products, including grain crops, rail transport plays a key role in ensuring the logistics chain between agricultural producers and port infrastructure. Recent years have been characterized by a number of changes that have a significant impact on the organization, volume and efficiency of grain transportation.

In the 2023/2024 marketing year, the volume of grain cargo transportation by rail in Ukraine exceeded 35 million tons, which was a record figure for the last few years. Such dynamics is due, on the one hand, to the high harvest, and, on the other hand, to the intensification of exports in the context of partial blocking of sea routes and reorientation to land corridors.

One of the key trends is the introduction of route shipments, which allow forming full grain carriers without the need to form them at marshalling yards. This approach significantly reduces transportation time, increases railcar turnover and optimizes logistics processes. The route model of transportation can ensure the transportation of more than 50 million tons of grain per year with the proper level of infrastructure support.

After the start of the full-scale invasion, Ukrzaliznytsia, together with shippers, began to organize new logistics chains for grain exports through the western land crossings. Today, grain can be transported from Ukraine in three main ways. Export transportation is carried out through the seaports of Greater Odesa. This is the most efficient and cost-effective way to export grain, provided the ports are operating properly. Today, 92% of the total grain volume is shipped to the ports. However, there is a significant risk due to dependence on the actions of the aggressor country.

Grain is also exported through western border crossings. This is the most expensive way to export grain, and it has infrastructure constraints, including a lack of port capacity in neighboring countries and limited railroad capacity. In addition, this route depends on the actions of the western neighbors and the agricultural lobby, which complicates the normal export process. Currently, between 500,000 and 1,000,000 tons per month are transported by rail through the western border crossings. Grain exports can also be carried out through the ports of the Danube region with further transshipment in the Black Sea (Romanian territorial waters). Transshipment is carried out in the areas of Sulina and the port of Constanta. Every month, 100 to 150 thousand tons of grain are transported to the Danube ports.

Under the influence of foreign policy challenges, intermodal transportation is becoming increasingly important, when grain cargo is transported in containers by rail and then transshipped to trucks or ships. The share of intermodal transportation in the structure of rail transportation increased by 34% in 2023, and grain cargo accounted for almost half of such transportation.

Despite the positive dynamics, market participants are facing the problem of raising tariffs for rail transportation. Ukrzaliznytsia's proposals to increase tariffs for the transportation of empty wagons may put additional burden on the agricultural sector and reduce the profitability of exports. Experts predict an increase in the cost of grain transportation by UAH 50-60 per ton. In addition, there is a need to modernize the railway infrastructure and create regional hubs - powerful elevators with high throughput capacity.

Rail transportation of grain cargo in Ukraine is undergoing a transformation. The key trends include growth in transportation volumes, development of the route model, increasing importance

of intermodal schemes and the actualization of infrastructure modernization. Further development of the industry requires a balanced tariff policy, adequate financing and investment in the railcar fleet, increased coordination between all participants in the logistics process, and the creation of an efficient logistics network.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МЕТРОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТОВЩИНИ ПОКРИТТІВ

доц. Романченко Ю.А., к.т.н., Васюков В.С., ЕЕ-22д

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є дослідження та комплексний аналіз проведення метрологічних досліджень при застосуванні методів контролю товщини покриттів.

Стан захисних покриттів та їх товщина багато в чому визначають якість та довговічність продукції, що випускається на підприємствах.

Підвищенню якості продукції та її корозійної стійкості сприяє широке впровадження у практику неруйнівних електромагнітних методів контролю покриттів. До цих методів, в першу чергу, відноситься метод вихрових струмів, що дозволяє вимірювати товщину лакофарбових, емалевих, теплозахисних, керамічних, склопластикових, хімічних, гальванічних покриттів та товщину плакування.

Лакофарбні покриття не тільки захищають метали від корозії, але й виконують різні функції: забезпечують сталість радіотехнічних властивостей, зменшують електризованість, збільшують термостійкість і випромінювальну здатність, маскують від оптичного дешифрування.

Серед гальванічних покриттів велике застосування отримали цинкові, кадмієві, хромові, нікелеві, олов'яні, мідні та срібні покриття, а також з інших дорогоцінних та рідкісних елементів. Так, срібні покриття підвищують відбивну здатність світлотехнічних та оптичних пристроїв, знімають перехідний опір у місцях контактів, підвищують корозійну стійкість виробів, що працюють у лужних та агресивних середовищах. При покритті сріблом, золотом та іншими дорогоцінними матеріалами питання вимірювання товщини безпосередньо пов'язані з економією та розумною витратою цих матеріалів.

Для багатьох покриттів, наприклад, срібла, бажаний, а іноді і необхідний підшар із міді або латуні. Для інших покриттів як підшар використовується нікель.

Дослідження та досвід експлуатації приладів показали, що електроосаджені метали і сплави мають сильно спотворені кристалічні ґрати з великою кількістю дефектів упаковки і можуть містити в своєму складі домішки. Їхня електрична провідність і магнітна проникність залежать від складу ванни, температури та ряду інших факторів, у тому числі і товщини покриттів. На якість та властивості покриттів впливають концентрація електроліту, наявність та кількість поверхнево-активних домішок.

Тому для отримання достовірних результатів вимірювання товщини гальванічних покриттів у відповідних підрозділах підприємств доцільно мати добре поставлену службу з підготовки та атестації контрольних зразків та заходів товщини.

Плакування – один із прогресивних напрямків захисту конструкційних матеріалів від корозії в агресивних середовищах. Отримують плакувальний шар шляхом гарячої прокатки заготовки на прокатних верстатах.

Навіть при строгому дотриманні технології прокату отримати листи з рівномірним плакуванням досить важко через різну пластичність матеріалу плакування та основи листа, які при прокаті деформуються неоднаково. Більше пластичний шар плакування «розтікається» вздовж прокатки, а також до країв листа, утворюючи потовщення. Крім того, у міру остигання металу пластичність його змінюється. Це призводить також до появи різної товщини шару плакування уздовж прокатки і викликає локальне здуття.

Таким чином, у всіх випадках істотну, а іноді і головну роль, грає товщина шару покриття.

Багаторічний досвід розробки та використання електромагнітних товщиномірів, заснованих на методі вихрових струмів, показує, що найбільш ефективними є спеціалізовані прилади, що забезпечують вимірювання товщини покриття певного типу. Розроблені та застосовуються вимірювачі товщини лакофарбових та оксидованих покриттів (діапазон вимірювань від 5 до 3000 мкм) на магнітних та немагнітних металах, прилади для контролю товщини гальванічних покриттів (діапазон вимірювання від 1 до 100 мкм) та вимірювачі товщини алюмінієвого плакування від 10 до 300 мкм. Однак розробка та впровадження приладів, особливо приладів для контролю товщини гальванічних покриттів, затримується внаслідок труднощів метрологічного характеру.

Прилади для вимірювання товщини покриттів виконують за типовими блок-схемами, що включають генератор змінного струму, вимірювальний блок з накладним датчиком, котушка якого називається перетворювачем, індикаторний блок з вимірювальним або реєструючим індикатором на виході [1].

Один з основних параметрів товщиноміра діелектричного покриття на електропровідній основі – похибка вимірювання, що виникає, як правило, внаслідок впливу факторів, що заважають, пов'язаних з вимірюванням параметрів об'єкта. Структурні схеми товщиномірів визначаються способом виділення інформації та відрізнятимуться від схем дефектоскопів, як правило, відсутністю блоків, що застосовуються при модуляційному способі. Для калібрування товщиномірів застосовують контрольні зразки, які зазвичай виготовляються споживачем і атестуються його метрологічними службами.

Похибка вимірювання товщиномірів залежить від шорсткості поверхні, змін електромагнітних параметрів та близькості краю об'єкта, варіації зазору між перетворювачем та об'єктом, перекосів при встановленні давача на контрольовану поверхню тощо.

До діелектричних покриттів на електропровідній основі відносяться різні оксидні, фосфатні, лакофарбові, керамічні, емалеві, пластмасові та інші покриття на феро- та неферомагнітних металах та сплавах. Товщиноміри діелектричних покриттів на електропровідних основах є вимірювачами зазору. Вибравши досить велике значення узагальненого параметра контролю, можна отримати хорошу чутливість до зазору за малої похибки, викликані впливом змін та товщини основи. Завдяки цьому вдається створити товщиноміри без застосування спеціальних схем, призначених для ослаблення впливу факторів, що заважають, на показання приладів.

В таких приладах застосовані трансформаторні накладні вихрострумові перетворювачі, завдяки чому знижено похибку вимірювань та розширено діапазон допустимих температур навколишнього середовища [3].

Висновок. Таким чином, одним з основних параметрів товщиноміра діелектричного покриття на електропровідній основі є похибка вимірювання, що виникає, як правило, внаслідок впливу заважаючих факторів, пов'язаних з вимірюванням параметрів об'єкта, а саме: шорсткості поверхні, змін електромагнітних параметрів та близькості краю об'єкта, варіації зазору між перетворювачем та об'єктом, перекосів при встановленні давача на контрольовану поверхню тощо.

Література

1. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підручник/ Є.С. Поліщук. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2000. – 360 с.
2. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544 с.

З. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка: В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук; Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

доц. Романченко Ю.А., к.т.н., Мордига В.О., ЕЕ-22д

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою роботи є дослідження та комплексний аналіз використання нетрадиційних джерел енергії в Україні та світі.

Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження, тобто розробки систем, що ефективніше використовують енергію, забезпечують такий самий або навіть вищий рівень транспортних послуг, освітлення, опалення за менших енерговитрат. Одним зі шляхів подолання сучасної енергетичної кризи є перехід на використання альтернативних (нетрадиційних) джерел енергії. Альтернативними джерелами енергії називають такі матеріальні засоби її виробництва, які можуть протиставлятися основним, що на сьогодні використовуються як протипага або заміна. У Законі України «Про альтернативні джерела енергії» від 20 лютого 2003 р. № 555-IV альтернативні джерела енергії визначаються так: «Це поновлювані джерела, до яких належать енергія сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти Землі та вторинні енергетичні ресурси, що існують постійно або виникають періодично в довіччя». [1].

Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в ХХІ ст. є всебічне використання відновлювальних джерел енергії, які мають величезні ресурси, що дозволить знизити негативний вплив енергетики на довкілля, підвищити енергетичну і екологічну безпеку. До традиційних джерел енергії відносяться:

- невідновлювальні, які включають вугілля, природний газ, нафту, уран;
- відновлювальні, які включають гідроенергетику, деревину у вигляді дров.



Рис. 1 Класифікація основних відновлювальних джерел енергії

Сучасна енергетика в основному базується на невідновлювальних джерелах енергії, які, маючи обмежені запаси, є вичерпними і не можуть гарантувати стійкий розвиток

світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання – один з головних факторів, який призводить до погіршення стану навколишнього середовища і його кризового стану.

До нетрадиційних (альтернативних) відносяться відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), які використовують потоки енергії Сонця, енергію вітру, теплоти Землі, біомаси, морів і океанів, річок, існуючих постійно або періодично в навколишньому середовищі й у майбутній перспективі практично невичерпані. Всі ВДЕ поділяються на дві групи, що використовують пряму енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви (побічна сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі.

Результатом побічної діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері у вигляді вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, припливної енергії, теплової енергії навколишнього середовища тощо (рис. 1).

Необхідність широкого використання ВДЕ визначається швидким зростанням потреби в електричній енергії, яка за прогнозами має збільшитися у 2 рази до 2030 р. і в 4 рази до 2050 р. у порівнянні з 2000 р.; вичерпанням у видимому майбутньому розвіданих запасів органічного палива; кризовим станом довкілля в зв'язку із забрудненням оксидами азоту і сірки, вуглекислим газом, пилоподібними частинками від згорання палива, радіоактивним і тепловим забрудненням тощо.

Для оцінки енергетичних ресурсів відновлювальних джерел енергії, можливих для використання, розрізняють наступні види енергетичного потенціалу ВДЕ:

- теоретичний, що характеризує загальну кількість енергії;
- технічний – частина теоретичного потенціалу, яку принципово можливо використати за допомогою сучасних пристроїв;
- економічно ефективний – частина технічного потенціалу, яку в теперішній час доцільно використовувати, виходячи з економічних, соціальних, екологічних та інших факторів.

Найбільш широке застосування сонячна енергетика знайшла у системах теплопостачання. Вони слугують для гарячого водопостачання, опалення та інших потреб, що дозволяє значно зменшити використання традиційних паливних ресурсів.

Сучасною тенденцією є швидке розширення сфер використання сонячної електроенергетики як для централізованого вироблення електроенергії на сонячних електростанціях, так і в індивідуальних системах електропостачання громадських і власних будівель [2].

Аналіз перспектив розвитку альтернативної енергетики в Україні показав, що для її активного впровадження необхідно:

1. удосконалювати законодавчу базу та механізми державного стимулювання;
2. залучати інвестиції у будівництво нових енергетичних об'єктів;
3. розвивати інфраструктуру для інтеграції відновлюваних джерел у загальну енергосистему;
4. впроваджувати новітні технології для підвищення ефективності використання альтернативних джерел енергії.

Висновок. Таким чином, розвиток нетрадиційних джерел енергії є необхідним кроком на шляху до енергетичної незалежності та екологічної стабільності України. Подальші дослідження та активне впровадження сучасних технологій дозволять зробити відновлювану енергетику ще більш ефективною та доступною для широкого використання.

Література

1. Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5>.

2. Энергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. – 559 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ЗМІШАНИХ КОРМІВ

Коротов Ю.Ю., Курлов В.І.

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Успішне ведення тваринництва значною мірою залежить від ефективного кормоприготування, яке передбачає точне дозування, подрібнення, перемішування та транспортування кормів. У сучасних умовах особливої актуальності набуває застосування змішувачів-кормороздавачів, здатних забезпечити однорідність раціону, підвищити споживання корму та продуктивність тварин.

Аналіз літературних джерел та технічної документації свідчить, що нині в господарствах України використовуються змішувачі вертикального, горизонтального та комбінованого типів. Найбільш поширеними є горизонтальні шнекові машини, що демонструють високу якість перемішування, однак характеризуються значною енергоємністю та обмеженим ресурсом при роботі з вологою або силосованою масою. Вертикальні змішувачі мають простішу конструкцію та нижчі витрати енергії, однак поступаються за якістю перемішування при комплексному раціоні [1].

Сучасні тенденції в галузі механізації приготування комбікормів передбачають перехід до автоматизованих систем з електронним зважуванням, програмованим режимом роботи та вбудованими пристроями дозування рідких компонентів. Такі рішення дозволяють зменшити похибки, мінімізувати втрати поживних речовин і покращити технологічну дисципліну.

Особливу увагу заслуговує розвиток мобільних установок для приготування кормів безпосередньо на місці годівлі. Застосування таких установок дозволяє скоротити витрати на транспортування сировини і готового корму, забезпечує гнучкість у зміні рецептури та дає можливість швидко реагувати на потреби різних вікових і продуктивних груп тварин. Мобільні кормоприготувальні комплекси можуть використовуватись як у великих фермерських господарствах, так і в індивідуальних селянських господарствах, завдяки своїй автономності, універсальності та простоті експлуатації. Проте поширення таких технологій стримується низкою технічних та економічних бар'єрів.

Незважаючи на прогрес, ряд недоліків і проблем залишається актуальним: – відсутність універсальних рішень, які б відповідали потребам малих фермерських господарств; – недостатній ступінь подрібнення при роботі змішувачів без вбудованих дробильних механізмів, що знижує засвоюваність кормів; – підвищений рівень шуму та вібрації, що впливає на комфорт праці оператора і довговічність техніки; – швидкий знос основних елементів (шнеків, ножів, підшипників), особливо за інтенсивної експлуатації [2].

У зв'язку з цим перспективним напрямом досліджень є розробка компактних, енергоощадних комбінованих машин з інтеграцією функцій подрібнення, зволоження та змішування, адаптованих до умов малих господарств. Інноваційні підходи передбачають впровадження модульних конструкцій, які можуть гнучко змінювати функціонал залежно від типу корму. Також необхідним є розробка нових типів ножів та роторів, що здатні ефективно працювати з різною сировиною – від зернових до волокнистих соломистих компонентів.

Таким чином, удосконалення технічних засобів приготування змішаних кормів має стратегічне значення для підвищення рентабельності тваринницької продукції, зниження

собівартості виробництва та досягнення технологічної незалежності українського аграрного сектору.

Література:

1. Ярошенко, В.В. Технічні засоби для виробництва кормів: навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2021. – 256 с.

2. Бабич, А.О. Механізація тваринницьких ферм і комплексів. – К.: Вища освіта, 2020. – 312 с.

ВИЛУЧЕННЯ МОНОСАХАРИДІВ З ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНОЇ БІОМАСИ

Каленик В.В., Патрій Р.С., аспіранти кафедри ФВТ, Корчуганова О.М., доцент кафедри ФВТ, к.т.н., доцент, Любимова-Зінченко О.В., доцент кафедри ФВТ, к.т.н., доцент
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Терміном «залишки лігноцелюлозної біомаси (ЛЦБ)» називають зазвичай невикористовувані залишки рослин, більшість з яких наразі спалюється або не знаходить ефективного використання, і є відходами сільського господарства або харчової промисловості. Тем не менш, ці залишки містять значну кількість корисних речовин. Особливий інтерес дослідників направлено на моносахариди, що входять до складу геміцелюлози. Хімічний склад і властивості геміцелюлоз тісно пов'язані з природою рослинної тканини. Основним компонентом геміцелюлоз деревини хвойних порід є гексозани, а деревини листяних порід – пентозани [2].

Таблиця - Хімічний склад геміцелюлоз [1]

ЛЦБ	Ксилоза	Арабіноза	Маноза	Галактоза	Рамноза	Уронові кислоти
Листвяні породи дерев						
Береза	18.5-24.9	0.3-0.5	1.8-3.2	0.7-1.3	0.6	3.6-6.3
Хвойні породи дерев						
Ялина	5.3-10.2	1.0-1.2	9.4-15.0	1.9-4.3	0.3	1.8-5.8
Сосна	5.3-10.6	2.0-4.2	5.6-13.3	1.9-3.8	-	2.5-6.0
Харчові відходи						
Кукурудзяні висівки	28.4	16.2	-	5	-	4.2
Пшеничні висівки	10.8-16.6	7.1-9.9	-	1-1.8	-	-
Кавова гуща	-	1.72	21.2	13.77	-	-

Екстракція геміцелюлози обмежена фізичними та/або ковалентними взаємодіями з іншими компонентами клітинної стінки. Для вилучення геміцелюлози розроблені хімічні, фізичні, хіміко-фізичні та біологічні (ферментативні) методи попередньої обробки. Метод екстракції обирається з урахуванням властивостей геміцелюлози і виду біомаси, з якої вона екстрагується.

Харчова промисловість і фармацевтичне виробництво потребують надійних методів аналізу моносахаридів, таких які входять до складу геміцелюлози. Це надзвичайно гідрофільні, високополярні сполуки, незаряджені при нейтральному рН, які не мають УФ-хромофора. Тому їх розділення є досить складним і вимагає використання досить дорогих матеріалів. Як правило, цей тип аналізу вимагає використання колонки ВЕРХ з амінозв'язками, яка зазвичай працює з високим відсотком елюентів ацетонітрилу.

Література

1. Gírio F. M., Fonseca C., Carvalho F. та ін. Hemicelluloses for fuel ethanol: A review. Bioresource Technology. Вип. 101, № 13. С. 4775–4800. DOI:10.1016/j.biortech.2010.01.088

2. Spiridon I., Popa V. I. Hemicelluloses: Major Sources, Properties and Applications. Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources. Elsevier, 2008. С. 289–304. DOI:10.1016/B978-0-08-045316-3.00013-2

ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ АНТИВІБРАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ТА МАТЕРІАЛІВ

Фомін О.В., д. т. н., професор, Козинка О.С.

Державний університет інфраструктури та технологій

В даний час на залізничному транспорті все більше уваги приділяється забезпеченню високого рівня експлуатаційної надійності рухомого складу та безпеки руху поїздів, що є найважливішою умовою підвищення ефективності та якості роботи залізничного транспорту [1]. Економічні показники в оцінці надійності дуже важливі, оскільки підвищення рівня надійності в машинобудуванні, з одного боку, пов'язані з додатковими матеріальними витратами, з другого – зі зменшенням витрат з їхнього ремонту і обслуговування.

В роботі [2] досліджували механізм корозії в хлорованому водному середовищі на зразках низьколегованих чорних матеріалів, покритих дуплексним покриттям, що складається з цинку, напиленого дуговим способом. Шар і бітумну фарбу, що виконує роль ущільнювача. Для аналізу впливу механічного пошкодження на захисну дію дуплексного покриття були зроблені канавки, що виявляють оголене залізо. Таким чином електрохімічним та фізико-хімічним шляхом досліджено самовідновлення канавок продуктами корозії. Результати, отримані за допомогою електрохімічних методів, показали не тільки важливість катодного захисту, досягнутого присутністю цинку (розвиток корозійного потенціалу), а також вплив ущільнювального покриття (вимірювання імпедансної спектроскопії), що уповільнює проникнення електроліту в металеву поверхню і таким чином обмеження корозії (фізичний бар'єр і електричний опір).

В роботі [3] було обґрунтовано, що для підвищення експлуатаційних характеристик деталей транспортних засобів, у тому числі і їх антикорозійних властивостей та зносостійкості, доцільно використовувати захисні полімерні композитні покриття.

Забезпечення безпеки в авіації завжди було важливим державним завданням. Був проведений аналіз [4] можливих станів паливної системи з урахуванням впливу різних експлуатаційних факторів показав, що найбільш негативний вплив може мати вібрація газотурбінного двигуна. Вібрація не тільки виснажує пасажирів та льотчиків, але й завдає шкоди авіоніці та комплектуючим літального апарату, знижуючи їх надійність та термін служби експлуатації. У конструкціях високий рівень вібрації може спричинити тріщини, ослаблення болтів, сильний шум або навіть поломку. Спричинити пошкодження конструкції, експлуатаційну надійність: погіршити несучу здатність. Ознаками зниження експлуатаційної надійності є поява тріщин у несучих конструкціях.

Авіаційний двигун викликає вібрацію всіх частин літака, яка негативно позначається на роботі приладів, спотворюючи їх показання та скорочуючи термін служби. На практиці у разі вібрації крил літака, споруд резонанс призводить до утворення коливань з великими амплітудами, при яких виникають напруги, що перевищують допустимі з точки зору міцності, що, звичайно, є не тільки небажаним, а й небезпечним.

Основними методами боротьби з вібрацією є:

- зменшення вібрації у джерелі їх виникнення: удосконалення конструкції (розрахунок фундаменту, системи амортизаторів чи віброізоляторів);
- конструктивні методи (віброгасіння, віброденфування – підбір певних видів матеріалів, віброізоляція).

Основні методи захисту від вібрації машин та обладнання:

- зниження вібрації за допомогою зниження або ліквідації збурювальних сил;
- відбудова від режиму резонансу, вибираючи раціональну масу або жорсткості системи, що коливається;
- вібродемфування (збільшення опору коливальної системи);
- динамічне гасіння коливань;
- підвищення жорсткості системи за допомогою будівельних конструкцій (віброізоляція, віброгасіння).

Лакофарбові матеріали відіграють особливу роль в авіабудуванні: захист від атмосферних впливів та агресивних середовищ, морозостійкість, гасіння вібрації, терморегуляція та інші. Наприклад, фарба на основі пластифікованих поліуретанів дає обшивці літака морозостійкість від мінус 40 до мінус 60 °С, поліакриловий лак – взагалі до мінус 100 °С.

Полімери характеризуються легкістю, різноманітністю складу та широким діапазоном технічних властивостей, що дозволяє широко використовувати їх в авіабудуванні. Деталі, виготовлені на основі полімерних матеріалів, у середньому на третину легші за металеві аналоги при однаковій міцності.

Вартість полімерної сировини поки що вища, ніж металевих аналогів. Це зумовлено складною технологією виробництва полімерів. Проте економія витрат за обробку, складання, і навіть зниження витрат за транспортування дозволяють істотно знизити ціни готові компоненти, що робить застосування полімерів в авіабудуванні економічно ефективним. Наприклад, при виробленні деталей літака з алюмінієвої або іншої металевої сировини у відходи і зворотну переробку йде до 90 відсотків матеріалу, в той час як виготовлення полімерної деталі, порівнянної за характеристиками, не залишає відходів і дозволяє отримати деталь в заданих параметрах. У металів є поняття "старіння", є втомна міцність, у вуглепластику, при належному виготовленні цього бути не повинно

Антикорозійний захист – спеціальне покриття, що утворює шар захисної плівки на металевій поверхні. Основа захисту складається з органічних та неорганічних матеріалів, в основному це чисті метали, їх сплави та лакофарбові продукти. Антикорозійні матеріали застосовуються з урахуванням складу металевого матеріалу, його призначення та експлуатаційних особливостей.

Антикорозійне покриття, а також антивібраційне – поліуретанова емаль (рідкий пластик). Як комплексне покриття, що захищає металеві поверхні від корозії та вібрації. Для отримання лакофарбового покриття, що характеризується хімічною стійкістю, яке захищає різні поверхні від впливу середовищ кислотного, а також лужного характеру та сольових розчинів, агресивних газів.

Поліуретановий литтєвий пластик, в народі званий як рідкий пластик, являє собою двокомпонентний матеріал. Поліуретанову емаль можна наносити на різні поверхні: оцинковане залізо, чорні метали, алюміній, у тому числі на бетон та дерево.

Літератури

1. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. Луганськ. 2006. С. 219–223.
2. Jing Li et al. Reinforcement of graphene and its derivatives on the anticorrosive properties of waterborne polyurethane coatings. *Composites Science and Technology*. P. 30-37. 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.04.017>
3. Павленко В. М. та ін. Дослідження методів випробування лакофарбового покриття на стійкість до корозії. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. №2 (18). С. 127–133. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-127-133>

4. Gorobchenko O., Fomin O., Gritsuk I., Saravas V., Grytsuk Y., Bulgakov M., Volodarets M. and Zinchenko D. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. *IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. Kharkiv, Ukraine. 2018. P. 239-243. doi:10.1109/IEPS.2018.8559487

ОЦІНКА СИСТЕМИ САМОРЯТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ РОБІТНИКІВ ПРИ ВЕДЕНІ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Борта О.М., Тарасов В.Ю., д.т.н., проф.

Інститут геотехніки Словацької академії наук

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ефективність і безпека проведення евакуації полягає у повноті охоплення всіх загрозливих ділянок перебування гірників, які підлягають евакуації, та мінімізації сумарного часу подолання обраних для цієї мети маршрутів, тобто мати чіткий план дій та розуміння потенційних загроз, таких як пожежа, обвалення, вибухи метану, затоплення та інші.

На практиці маршрути аварійної евакуації людей описуються не з кожного робочого місця або загрозливої ділянки, а саме створення безпечних та ефективних маршрутів для евакуації, що враховують можливі перешкоди згідно з результатами розрахунків, отримання часу виходу робітників до запасного виходу на свіжий струмінь, оцінка ризиків та ускладнень при виникненні аварії. На основі прогнозів та розрахунків приймаємо план дій щодо усунення кожної з небезпек та їхнього потенційного впливу.

Проведено оцінку системи саморятування підземних робітників на прикладі маршрутів аварійної евакуації у виробках виїмкової ділянки (рис.1) при виникненні та розвитку пожежі.

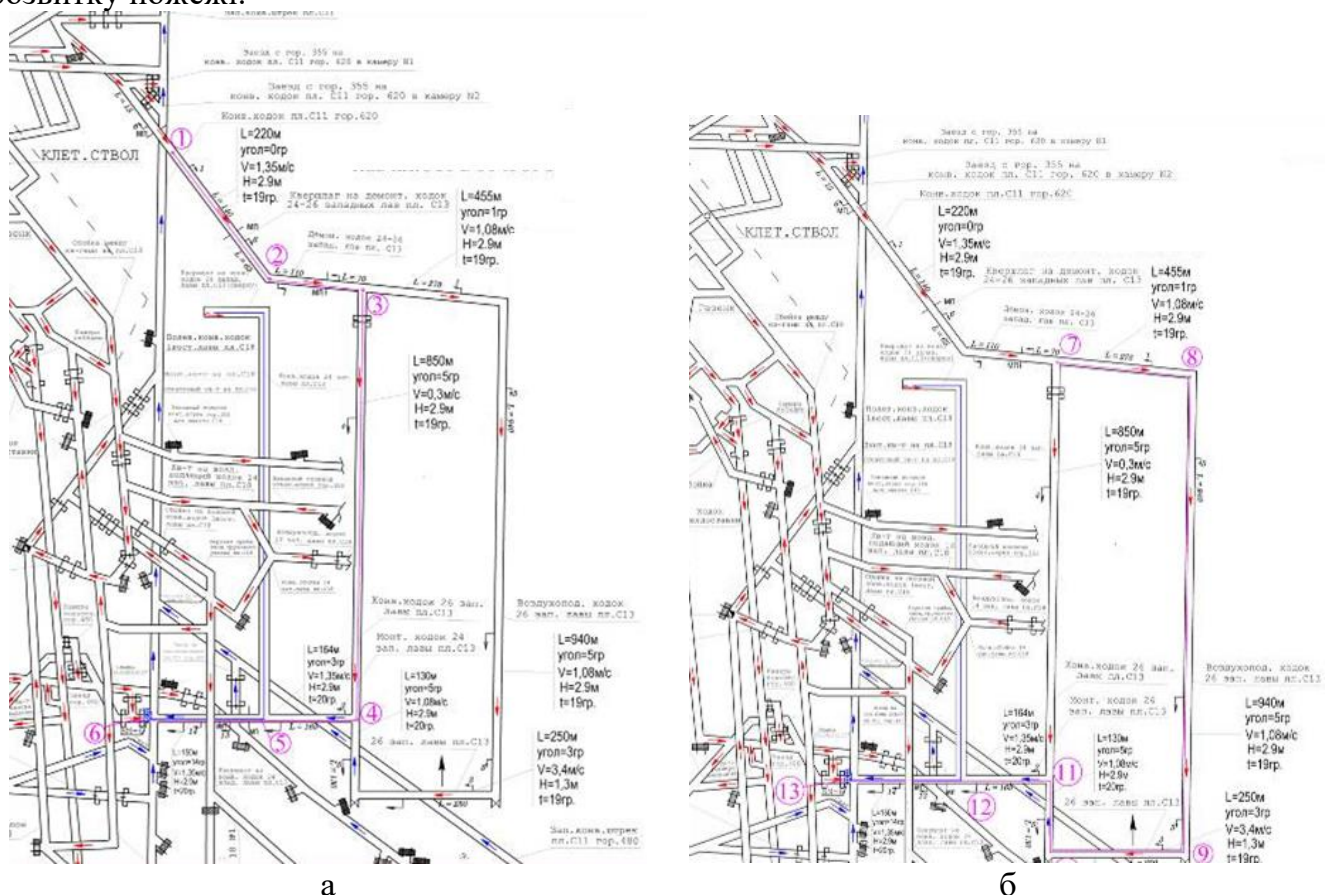


Рис..1. Схема маршрутів виходу на свіжий струмінь повітря:

а - ділянки $1 \Rightarrow 2 \Rightarrow 3 \Rightarrow 4 \Rightarrow 5 \Rightarrow 6$; б - ділянки $7 \Rightarrow 8 \Rightarrow 9 \Rightarrow 10 \Rightarrow 11 \Rightarrow 12 \Rightarrow 13$.

Аналіз ефективності та безпеки проведення евакуації відповідно до системи саморяткування гірників [6] показав, що часу захисної дії саморятувальника за маршрутом (рис. 1 а) достатньо для виходу гірників із зони загазування. Загальний час проходження ділянок становитиме 46,4 хв. Часу виходу у відсотковому співвідношенні від захисної дії саморятувальника складе 92,8%.

Однак розглянемо інший маршрут. Внаслідок аварії відбувається витік шкідливих газів, які проникають у сусідні виробки (рис. 1б).

Аналіз ефективності та безпеки проведення евакуації відповідно до системи саморяткування гірників [6] показав, що часу захисної дії саморятувальника за маршрутом (рис. 1 б) не достатньо для виходу гірників із зони загазування. Загальний час проходження ділянок становитиме 64,7 хв.

Згідно цих розрахунків гірники пройдуть лише ділянки $7 \Rightarrow 8 \Rightarrow 9 \Rightarrow 10$, час проходження ділянок становитиме 44,7 хв. (рис. 1б), що унеможливує вихід на поверхню за наявних технічних можливостей. Це створює серйозну загрозу для гірників, які перебувають у цих виробках, оскільки є велика протяжність та обмежені виходи. В умовах нестачі часу для безпечного виходу працівники стикаються з ризиком отруєння або інших небезпечних наслідків. Захисний термін шахтного саморятувальника не дозволяє забезпечити безпечний час для евакуації, що робить цей маршрут потенційно небезпечнішим за аварійну ділянку.

Оцінка можливих маршрутів аварійної евакуації показала, що потрібно застосовувати ППРС (пункти переключення в резервні саморятівники). Під час проектування гірничих робіт передбачаємо можливість виходу працівників у разі аварій у безпечне місце або до пункту переключення за час дії саморятівника з 10 % запасом кисню та ефективного ведення рятувальних робіт і робіт з ліквідації аварій. Пункт переключення в резервні саморятівники повинний бути встановлений в нашому випадку на ділянці 11, на спеціально підготовленому настилі в нішах гірничих виробок, щоб в разі аварії не була порушена їх цілісність. Час виходу працівників у саморятівниках до пункту переключення повинен мати резерв 10% запасу кисню дії саморятівника. Ця ситуація може бути покращена використанням додаткових запасних виходів, проведення аварійних вентиляційних режимів, тощо. Такі заходи повинні бути здійснені на етапі проектування чи реконструкції шахтної вентиляційної мережі.

Щодо оцінки маршруту ділянки $1 \Rightarrow 2 \Rightarrow 3 \Rightarrow 4 \Rightarrow 5 \Rightarrow 6$ (рис. 1а) час виходу у відсотковому співвідношенні від захисної дії саморятувальника склав 92,8% в цій ситуації доречно було організувати практичний вихід гірників за встановленим маршрутом у рамках випробування аварійних вентиляційних режимів. Це дозволить оцінити безпеку евакуації та ефективність вентиляційних систем в умовах, наближених до аварійних.

Список літератури

1. Державна служба України з надзвичайних ситуацій – Режим доступу до ресурсу: <https://dsns.gov.ua/>.

2. Міністерство енергетики України – Режим доступу до ресурсу: <https://mev.gov.ua/>

3. ДНАОП 1.1.30-4.01.97. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт. - Київ, 1997. – 453 с.

4. Збірник нормативно-правових актів з аварійно-рятувальної справи. – К: ДВГРС (Державна воєнізована гірничорятувальна (аварійно-рятувальна) служба), 2001. – 145 с.

5. Правила безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом (затверджено наказом Мінсоцполітики України від 23.12.2016 № 1592, зареєстр. Мінюст України 30 січня 2017 року за № 129/29997).

6. СОУ 10.1.00174102-002:2004 Система саморяткування гірників. Загальні вимоги. Затверджено та надано чинності наказом Міністерства палива та енергетики України від 30.12.2004 № 844.

SEWAGE SLUDGE UTILIZATION PATHWAYS: ENGINEERING PERSPECTIVE

Holubtsov S.V., Kravchenko I.V.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

Sewage sludge, a byproduct of wastewater treatment, presents both challenges and opportunities in sustainable waste management. With increasing urbanization and stricter environmental regulations, efficient sludge treatment and resource recovery have become critical. Modern engineering solutions now enable the transformation of sludge into energy, construction materials, and agricultural amendments through advanced mechanical, thermal, and biological processes.

We have reviewed the latest technological pathways for sludge utilization with a focus on energy recovery, material recycling and circular economy applications. We have also analyzed key operational parameters, performance indicators and engineering considerations for the design and optimization of sludge management systems. Integrating innovative treatment methods with intelligent process monitoring and control allows wastewater treatment plants to move from sludge disposal to resource recovery, contributing to environmental protection and economic sustainability.

The following is a detailed engineering view of sludge utilization, including industrial and domestic applications, operational challenges and new opportunities in this emerging field.

Industrial Utilization

✓ Energy Recovery

The table 1 below presents key thermal and biological conversion processes with their operating parameters and design requirements.

Table 1. Operating parameters and design requirements for sludge processing processes

Process	Technical Explanation	Output Efficiency Analysis	Design Considerations
Incineration	Operating at 850-1200°C ensures complete organic matter destruction while minimizing dioxin formation through rapid quenching. Residence time of 2-4 hours guarantees complete combustion	Energy output of 2.5-3.5 kWh/kg DS (dry solids) accounts for moisture evaporation enthalpy (2.26 MJ/kg) and organic matter calorific value (18-22 MJ/kg DS).	Requires multi-stage flue gas treatment: (1) Dry sorbent injection for acid gases, (2) Baghouse filters for particulates, (3) specific resistance to filtration (SCR) for NO _x reduction.
Pyrolysis	Moderate temperatures (450-600°C) in oxygen-free environment promote devolatilization while preventing complete oxidation. The process maximizes liquid bio-oil yield	Syngas production of 0.8-1.2 Nm ³ /kg DS with 55-65% combustible components (H ₂ , CO, CH ₄). Higher temperatures favor gas yield over liquids	Biochar porosity (0.5-2.0 cm ³ /g) is controlled through heating rate (10-50°C/min) and final temperature, impacting its water retention capacity
Anaerobic Digestion (AD)	Mesophilic (35-40°C) or thermophilic (50-55°C) operation optimizes microbial consortia activity. Hydraulic retention time (HRT) of 15-20 days ensures >90% volatile solids (VS) destruction	Methane yield depends on feedstock composition: 300-500 m ³ /ton VS, with 55-70% methane content (lower heating value LHV: 22-25 MJ/m ³)	Co-digestion with FOG (fat, oil, grease) at 5-15% ratio boosts methane production but requires careful lipid loading (<1 kg COD (chemical oxygen demand) /m ³ -day)

✓ Material Recovery

- Phosphorus Extraction: Struvite crystallization occurs optimally at pH 8.5-9.0 where magnesium, ammonium and phosphate ions combine in equimolar ratios. The process:

1. Centrate (typically 50-150 mg PO₄-P/L) is fed to FBR (Fluidized Bed Reactor).
2. MgCl₂·6H₂O is dosed at 1.1:1 Mg:P molar ratio.
3. NaOH maintains pH, consuming 2.5-3.0 mol OH⁻/mol P.
4. Crystals grow to 1-3 mm in 1-2 hours.

Equipment Notes: FBRs operate at 20-50 m/h upflow velocity with 30-50% bed expansion.

- Metal Recovery: electrodialysis employs:

1. Cation-exchange membranes (Nafion®).
2. Stainless steel electrodes.
3. 20-40 V DC creates pH gradient (2-3 at anode, 10-11 at cathode).
4. Cu/Zn migrate toward cathode and precipitate as hydroxides.

✓ Soil Amendment

- Stabilization: lime dosing (Ca(OH)₂) achieves:

1. pH >12 for 2+ hours kills pathogens (6-log reduction).
2. Exothermic reaction raises temperature to 50-70°C.
3. Heavy metals insolubilized as hydroxides.

- Pelletization: Process parameters:

1. 8-12% moisture prevents caking.
2. 5-10 mm pellet size optimal for spreading.
3. Binders (lignosulfonates) at 1-2% improve durability.

✓ Decentralized Treatment

Modular systems incorporate: containerized belt presses - 20-ft ISO container footprint; throughput - 5-10 ton/day (30-50 m³/day slurry); IoT sensors monitor: total suspended solids (0-20% range); pH (6.5-8.5 optimal for dewatering).

✓ Sludge-to-Brick Production

Mix Design:

Component	%	Function
Sludge ash	30	Pozzolanic activity
Clay	60	Plasticity
Lime	10	Binding

Curing Process: 7-day moist cure (90% relative humidity); 21-day air drying; final compressive strength 7-10 MPa.

✓ Energy from Waste (EfW)

Co-processing advantages: fuel blend - 70% sludge + 30% municipal solid waste; LHV increases from 8-10 MJ/kg (sludge alone) to 12-15 MJ/kg

Combustion: fluidized bed (850°C) with 6-8% O₂; limestone addition for SO₂ capture

✓ Carbon Sequestration

Biochar characteristics: stability - H/C_{org} <0.7 indicates aromatic condensation; O/C_{org} <0.4 suggests 100+ year half-life.

Activation: steam at 800°C creates micropores (1-2 nm); surface area reaches 200-400 m²/g

Domestic Utilization

✓ Biogas Production

Small-scale AD systems feature:

Design: plug-flow configuration (L:W ratio >4:1); 15 m³ digester serves 4-6 households; hydraulic retention time (HRT) of 30-40 days.

Performance: 1.5 m³ biogas/day (60% CH₄, 35% CO₂, 5% trace gases); enough for 2-3 hours cooking or 5 kWh electricity.

Troubleshooting: foaming controlled by silicone antifoam (10-50 ppm); reduced organic loading rate ($<2 \text{ kg VS/m}^3\text{-day}$).

✓ Land Application

Regulatory requirements ensure safe reuse:

Microbiological: Class A: $<1,000 \text{ MPN/g}$ fecal coliforms; $<3 \log$ Salmonella spp. (achieved by $>52^\circ\text{C}$ for 12+ hours).

Heavy Metals: cumulative loading limits (kg/ha): Cd – 20, Pb – 300, Zn – 2,800.

However, the listed ways of processing and using sewage sludge have not yet found wide distribution due to some unresolved problems and limitations (Table 2).

Table 2. Engineering challenges and solutions

Issue	Root Cause	Mitigation Strategy	Technical Specification
High viscosity	EPS (extracellular polymeric substances)	Cationic polymer (0.1-0.3%) neutralizes negative charges	Charge density $>5 \text{ meq/g}$, molecular weight of 5,000,000–10,000,000 g/mol
Belt clogging	Fiber accumulation	Dynamic tension control	5-10 kN/m, adjustable $\pm 1 \text{ kN}$
Compost odor	Anaerobic pockets	Forced aeration ($0.5\text{-}1.0 \text{ m}^3 \text{ air/m}^3\text{-min}$)	Biofilter media: 30% bark, 70% compost

The comprehensive analysis of sewage sludge utilization pathways demonstrates that modern engineering approaches can transform this waste stream into valuable resources while addressing environmental and operational challenges:

- Thermal processes (incineration, pyrolysis) and anaerobic digestion offer the highest energy yields ($2.5\text{-}3.5 \text{ kWh/kg DS}$ and $300\text{-}500 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton VS}$ respectively), with proper emission controls and co-digestion strategies enhancing viability.
- Advanced recovery systems achieve 85-95% phosphorus capture via struvite crystallization and 60-80% metal reclamation through electrodialysis, creating closed-loop material flows.
- The optimal pathway depends on scale (centralized vs. decentralized), sludge characteristics (VS content, contamination level), and end-use requirements (biosolids class, energy demand).
- Biochar carbon sequestration ($\text{H/C} < 0.7$) and sludge-derived construction materials (7-10 MPa bricks) present novel valorization routes that align with net-zero targets.

For engineers implementing these systems, priority considerations include pre-treatment optimization (e.g., 0.1-0.3% cationic polymers for viscosity control), real-time monitoring (IoT sensors for TSS/pH), hybrid configurations (e.g., AD + pyrolysis for maximum energy recovery).

Future development should focus on reducing HRT in digestion through microbial consortia engineering, advanced oxidation for PFAS/microplastic destruction, and AI-driven predictive maintenance for dewatering equipment.

This engineered approach to sludge management transforms wastewater treatment plants from disposal facilities to resource recovery hubs, simultaneously addressing waste reduction, energy production, and circular economy objectives. The presented technical specifications and mitigation strategies provide an actionable framework for sustainable implementation across varying operational contexts.

ГІБРИДНИЙ МЕТОД ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДЕФЕКТІВ У КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ

Зінченко І.В. аспірант, Рязанцев О.І. д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ

Композитні матеріали у сучасному світі відіграють значну роль у секторах критичної інфраструктури, таких як енергетика, транспорт, водопостачання, комунікаційні мережі, охорона здоров'я та виробництво.

Довговічність композитного компонента значною мірою залежить від якості його мікроструктури, яка включає такі аспекти, як армування, структурні дефекти та взаємодію між компонентами [1].



Рисунок 1. Типові приклади мікроструктури композитів: а) зона високоякісного композиту; б) зони, багаті матрицею; с) зона низької якості з пористістю; d) зони, багаті смолою, з пористістю.

Останні досягнення в області автоматичних методів обробки зображень засновані на Deep-learning (Глибокому навчанні), набули значної популярності та продемонстрували свою ефективність у матеріалознавстві, зокрема в задачах, пов'язаних із аналізом композиції матеріалів на мікроскопічному рівні.

Стандартні техніки сегментації об'єктів, які використовуються для виділення окремих компонентів у зображеннях, можуть бути класифіковані на два основні типи.

Двоступеневі методи сегментації - такі як U-Net у поєднанні з Watershed (Вододільним методом) [2], спочатку виконують попередню сегментацію, а потім уточнюють результати за допомогою додаткових алгоритмів. U-Net, зокрема, є потужною архітектурою, яка дозволяє зберігати просторову інформацію завдяки своїй симетричній структурі, що робить її особливо корисною у сфері матеріалознавства. Вододільний метод, у свою чергу, допомагає розділити злиті об'єкти, що може бути корисним у випадках, коли компоненти матеріалу мають близькі контури.

Одноступеневі методи сегментації - такі як Mask R-CNN [3] та Deep Watershed Transform (Глибоке вододільне трансформування) [4], виконують сегментацію в один етап, що дозволяє зменшити час обробки та спростити процес. Mask R-CNN, зокрема, розширює Faster R-CNN, додаючи можливість генерувати маски для кожного об'єкта, що робить його ефективним для задач, де важливо точно виділити контури об'єктів.

На відміну від цих традиційних методів, U-Net-Id [5] є інноваційним підходом до сегментації об'єктів, заснованим на архітектурі U-Net. Цей метод не вимагає подальшого прийняття рішень з боку користувача, що значно спрощує процес сегментації. Однак для досягнення високої точності та якості результатів необхідні зображення високої якості та високої роздільної здатності. Це пов'язано з тим, що деталі мікроструктури матеріалів можуть бути втрачені на зображеннях низької якості, що негативно вплине на результати сегментації.

У цьому дослідженні пропонується застосувати гібридний метод Deep-learning (Глибокого навчання) для сегментації дефектів у мікрофотографіях рентгенівських зображень за допомогою CNN (Згорткових Нейронних Мереж) [6]. Оригінальність підходу полягає у тому що, дані отримані на основі автоматично оброблених зображень,

доповнюються фізично обґрунтованими зображеннями та даними, отриманими з розрахунків теорії механіки руйнування.

Для виконання семантичної сегментації зображень була обрана архітектура U-Net [7], що полягає у класифікації кожного пікселя в сирому зображенні відповідно до попередньо визначеного набору категорій [8]. Ця методологія ефективно сегментує зображення на основі зменшеної бази даних мікроскопічних зображень, використовуючи методи глибокого навчання Segment Anything (Сегментувати Все), знання експертів та кластеризацію K-Means для генерації набору даних Ground Truth (Базова Істина).

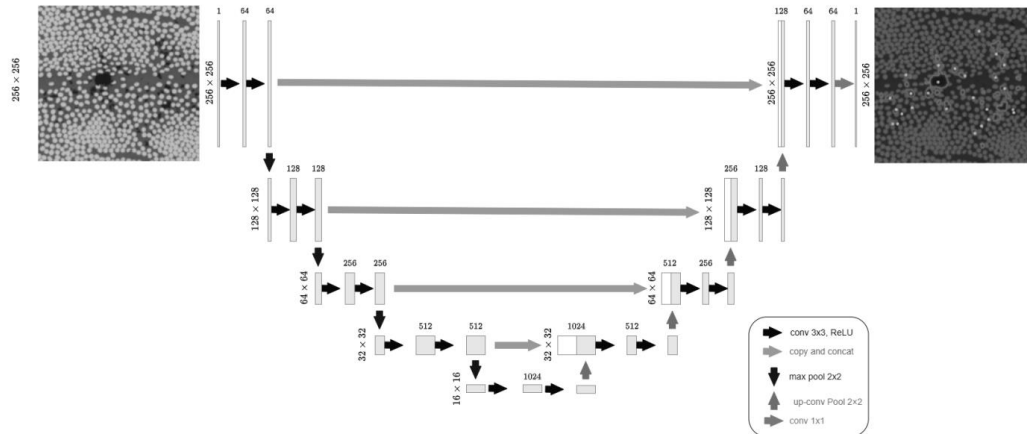


Рисунок 2. Модель U-net з характеристиками шарів та розмірами фільтрів, використана для автоматичного виявлення пористості за допомогою запропонованої методології

Завдяки інтеграції даних, отриманих з експериментальних фотознімків, з даними, згенерованими на основі фізичних моделей, ми можемо покращити точність сегментації дефектів і забезпечити більш надійні оцінки їхнього впливу на механічні властивості матеріалу. Цей підхід не лише підвищує якість аналізу, але й відкриває нові можливості для прогнозування поведінки композитних матеріалів під навантаженням, що є важливим для їхнього використання в критичній інфраструктурі.

Результати дослідження показують кращу продуктивність у порівнянні з простими методами сегментації, що базуються на інтенсивності, а також перевершують техніки, що використовують лише базу даних зображень без експертних знань. Це свідчить про те, що інтеграція експертних знань і сучасних алгоритмів глибокого навчання дозволяє досягти більш точних і надійних результатів у сегментації дефектів, що є необхідним в оцінці їх критичності.

Література

1. Stephen W. Tsai Strength & Life of Composites. JEC, 2009, 672 p.
2. Al-Kofahi Y, Zaltsman A, Graves R, Marshall W, Rusu M. A deep learning-based algorithm for 2-D cell segmentation in microscopy images. BMC Bioinformatics, 2018, 365 p.
3. He K, Gkioxari G, Dollár P, Girshick R. Mask R-CNN. 2017 IEEE Int. Conf. Comput. Vis. ICCV, 2017, 2980 p.
4. Bai M, Urtasun R. Deep Watershed Transform for Instance Segmentation. 2017 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. CVPR, Honolulu, HI: IEEE; 2017, 2858 p.
5. Wagner F, Dalagnol R, Tarabalka Y, Segantine T, Thomé R, Hirye M. U-Net-Id, an Instance Segmentation Model for Building Extraction from Satellite Images—Case Study in the Joanópolis City, Brazil. Remote Sens 2020; 1544 p.
6. Deep Learning n.d. <https://www.deeplearningbook.org/>.

7. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: Navab N, Hornegger J, Wells WM, Frangi AF, editors. Med. Image Comput. Comput.-Assist. Interv. – MICCAI 2015, Cham: Springer International Publishing; 2015, 234 p.
8. Long J, Shelhamer E, Darrell T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation 2015.

СУЛЬФАТНА КИСЛОТА: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ГАЛУЗІ

Дреєр О. В., здобувач 3 курсу бакалавріату, група ХТ-22д,
Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Основним споживачем сульфатної кислоти є виробництво мінеральних добрив (суперфосфату, амоній сульфату), а також виробництво органічних проміжних сполук і барвників, вибухових речовин. Вона також використовується в нафтовій (для очистки нафтопродуктів від сполук сульфуру й неграничних органічних сполук), металообробній (для травлення металів), текстильній (у виробництві штучного волокна, для відбілювання тканин), шкіряній, деревооброблювальній (при переробки деревини в етиловий спирт) промисловості, кольоровій металургії (при одержанні міді, цинку, кобальту, нікелю та ін.). Важливою властивістю сульфатної кислоти є її гігроскопічність – здатність добре поглинати воду, що використовується в промисловості для сушки газу, а також для концентрування нітратної кислоти.

Перша згадка про сульфатну кислоту відноситься до 940 року н. е. (алхімік Абу-Бакр-Альрарес). До середини XVIII ст. її отримували сухою перегонкою гептагідрату ферум (II) сульфату – купороса (звідси термін «купоросне масло») або нагріванням суміші сірки та калій нітрату з наступним поглинанням сульфур (VI) оксиду водою. В 1746 р. був розроблений камерний метод виробництва, в якому сірка в суміші з калій нітратом спалювався в свинцевих камерах, причому сульфур (VI) оксид та нітроген оксиди розчинялися в воді на дні камери. В подальшому в камери стали вводити пару і процес виробництва перетворився на безперервний. На початку XIX ст. сірку спалювали в печах, а нітроген оксиди отримували окремо розкладанням калій нітрату сульфатною кислотою. На початку XX ст. в установку була включена спеціальна башта для уловлювання нітроген оксидів, що підвищило інтенсивність камерного процесу. В подальшому свинцеві камери були замінені баштами з кислототривкою насадкою. Тим самим камерний метод виробництва сульфатної кислоти, зберігши принцип окиснення сульфур (IV) оксиду в сульфур (VI) оксид, трансформувався в баштовий метод, що існує в даний час. З 1837 року в якості сировини замість сірки став використовуватися залізний колчедан. У 1831 році англійський вчений П. Філіпс розробив контактний спосіб виробництва сульфатної кислоти на платиновому каталізаторі. Пізніше платина була замінена контактною масою на основі ванадій (V) оксиду, що дозволило знизити температуру запалювання. На початку XX ст. Р. Кнітч встановив причини отруєння каталізатора при використанні в якості сировини колчедану та розробив методи очищення сульфур (IV) оксиду від каталітичних отрут. У 1930 р. в практику сульфатнокислотного виробництва були введені печі киплячого шару на стадії випалу колчедану, які істотно підвищили продуктивність і знизили втрати сірки.

У 1931 році І. А. Ададуровим був розроблений метод окиснення сульфур (IV) оксиду на твердому каталізаторі при високому вмісті парів води в газі, який отримав згодом назву методу «мокрого каталізу» виробництва сульфатної кислоти з гідроген сульфуру. В подальшому в сульфатнокислотне виробництво було впроваджено метод подвійного контактування (ДК-ДА), розроблений Г. К. Боресковим, В. С. Бесковим, що істотно

підвищило ступінь контактування сульфур (IV) оксиду, на кілька порядків знизило викид токсичних газів і дало значну економію на будівництві очисних споруд.

Технологія виробництва сульфатної кислоти, в принципі, сьогодні в всьому світі вже не народжується заново, а лише вдосконалюється.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ

Дяченко О.О., Шпінарева І.М., к.ф.-м.н., доцент
Національний університет «Одеська політехніка»

Адаптивна поведінка агентів є критично важливою складовою в багатьох галузях, де програмні або роботизовані агенти мають взаємодіяти зі змінним середовищем та іншими агентами. Основною метою адаптації є здатність до самостійного прийняття рішень з урахуванням змінних умов, історії взаємодій, а також поточних цілей.

Одним із найбільш перспективних напрямів є використання методів машинного навчання. Навчання з підкріпленням дозволяє агенту набувати досвіду через взаємодію із середовищем та оптимізувати свою поведінку на основі винагород. Цей підхід забезпечує високу гнучкість та здатність до адаптації в невизначених умовах. Однак, його впровадження вимагає значного обчислювального ресурсу, а процес навчання може бути тривалим і нестабільним без належної настройки.

Еволюційні методи, такі як генетичні алгоритми, надають змогу здійснювати пошук ефективних стратегій поведінки шляхом імітації біологічної еволюції. Вони добре працюють у ситуаціях, де простір можливих дій є великим і складно визначити оптимальні рішення вручну. Проте, подібні методи часто не гарантують стабільності результатів і потребують значної кількості симуляцій для досягнення прийнятної поведінки.

Емоційно-когнітивні моделі акцентують увагу на внутрішніх станах агентів, таких як мотивації, цілі, емоції. Вони дозволяють моделювати поведінку, що наближена до людської, особливо в соціальних або психологічних сценаріях. Їхнім недоліком є складність побудови та відсутність універсальних підходів до формалізації таких станів.

Класичні моделі, зокрема скінченні автомати або поведінкові дерева, залишаються популярними завдяки простоті реалізації та легкості налагодження. Вони добре працюють у сценаріях з передбачуваною логікою, але є слабо адаптивними – зміна середовища часто потребує ручного перепроєктування моделей.

Таблиця 1 - Порівняння основних характеристик розглянутих методів

Метод	Адаптивність	Гнучкість	Обчислювальні витрати	Складність реалізації	Придатність до динамічного середовища
Машинне навчання (RL)	Висока	Висока	Високі	Висока	Висока
Еволюційні алгоритми	Середня	Висока	Високі	Середня	Середня
Емоційно-когнітивні моделі	Середня	Висока	Середні	Висока	Середня
Скінченні автомати / дерева	Низька	Низька	Низькі	Низька	Низька

Вибір методу залежить від поставлених завдань, ресурсів та вимог до складності, автономності й адаптивності агентів. У багатьох сучасних системах актуальною є тенденція до створення гібридних моделей, які поєднують сильні сторони різних підходів для досягнення більшої ефективності.

Література

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4th ed. Pearson, 2020.
2. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. MIT Press, 2018.
3. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. 2nd ed. Wiley, 2009.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ АДАПТИВНОЇ ПОВЕДІНКИ АГЕНТІВ У ІНТЕРАКТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В КОНТЕКСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР

Дяченко О.О., Шпінарева І.М., к.ф.-м.н., доцент

Національний університет «Одеська політехніка»

Інтерактивні середовища, особливо в контексті комп'ютерних ігор, тренажерів та симуляцій, вимагають від віртуальних агентів здатності до адаптації. Це передбачає зміну поведінки на основі зовнішніх впливів, внутрішніх цілей або досвіду. На практиці для програмної реалізації адаптивної поведінки використовуються як класичні моделі, так і методи штучного інтелекту.

Одним з найпоширеніших підходів є Behavior Trees – структурована модель, що дозволяє визначити логіку реакцій агента у вигляді дерева перевірок і дій. Цей підхід активно застосовується в рушіях Unreal Engine та Unity завдяки легкості реалізації та можливості налагодження. Behavior Trees залишаються популярним вибором для проектів, де важливо забезпечити стабільність, передбачуваність і простоту реалізації. Вони добре підходять для завдань із фіксованою структурою, однак демонструють низьку гнучкість у динамічних або непередбачуваних сценаріях.

GOAP (Goal-Oriented Action Planning) пропонує більш гнучкий підхід, де агент сам планує дії для досягнення поточної мети. Алгоритм дозволяє змінювати послідовність дій динамічно на основі визначених цілей і поточного стану середовища, однак вимагає більших витрат на реалізацію та налагодження логіки планування. GOAP особливо ефективний у іграх із численними сценаріями взаємодії та потребою у реагуванні на зміни в оточенні.

Інший напрям – методи навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning), де агент через досвід і винагороду формує поведінку, яка максимізує корисність. У програмному контексті це реалізується за допомогою Python-бібліотек (TensorFlow, PyTorch) у симуляційних середовищах (OpenAI Gym, Unity ML-Agents).

Reinforcement Learning демонструє високу адаптивність, однак ці методи зазвичай не використовуються в іграх у чистому вигляді через високу обчислювальну складність, потребу в тривалому навчанні та труднощі контролю поведінки після тренування. Вони частіше застосовуються на етапі розробки – для попереднього навчання агентів у симульованих середовищах, після чого отримані моделі імплементуються в ігровий рушій.

Для моделювання складних сценаріїв із підцілями застосовується ієрархічне планування (HTN), яке забезпечує логічну декомпозицію завдань. Цей метод демонструє високу гнучкість у стратегічному плануванні, однак складний у реалізації, вимагає детального опису ієрархії задач та не завжди підходить для швидкозмінних сценаріїв. HTN ефективно застосовується в іграх із довготривалими завданнями або стратегічним рівнем контролю поведінки агентів. Використовується в симуляціях людської поведінки, стелс-іграх і навіть у військових тренажерах.

Вибір методу моделювання поведінки агентів у комп'ютерних іграх залежить від кількох ключових факторів: необхідного рівня адаптивності, складності реалізації, кількість ресурсів, здатності до роботи в реальному часі та ступеня контролюваності поведінки. Тому, слідуючи з плюсів та мінусів різних методів, можна визначити, що

Behavior Trees найкраще підходять для простих або середньої складності не-ігрових персонажів, GOAP для адаптивних агентів у складних світах, Reinforcement Learning для дослідницьких систем або самонавчальних стратегій, а HTN для глибоких сценаріїв планування з декомпозицією цілей.

Література

1. Isla D. Handling Complexity in the Halo 2 AI. Game Developers Conference, 2005.
2. Millington I., Funge J. Artificial Intelligence for Games. 3rd ed. CRC Press, 2021.
3. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. MIT Press, 2018.

МОДЕЛІ, МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ОПЕРАЦІЯМИ В МІЖНАРОДНИХ НЕРЕГУЛЯРНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Кузін Ю.В., Лифар В.О., д.т.н.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вступ. Сьогоднішні реалії, а саме повномасштабні бойові дії, заблоковані морські та авіап перевезення, спровокували великий попит на міжнародні автобусні перевезення. Щоденно з країни в середньому виїжджає 420 великих пасажирських автобусів (Кількість пасажирів, які скористалися автобусом для виїзду за кордон, у 2023 році склала до 7,5 млн пасажирів). Такий розвиток потребував змін як на законодавчому рівні щодо регулювання автобусних перевезень всередині країни, і виїзди за кордон, так і змін в інформаційних системах що забезпечують вирішення «Порядку організації міжнародних перевезень автомобільним транспортом». Слід було враховувати, як поточний стан справ так існуючі системи та інфраструктуру. Необхідно було переглянути підходи та методи, розглянути варіанти інтеграцій та застосування нових рішень з поточними процесами та програмами.

Мета. Впорядкування міжнародних нерегулярних перевезень пасажирів автобусами відповідно до міжнародної угоди Interbus: об'єднання наборів та баз даних (ліцензіати, транспортні засоби, поїздки, дозволи, журнали Interbus); надання можливості Перевізникам подавати заявки на замовлення журнали Interbus у Постачальників; цифровізація та автоматизація процесів з оформлення журналу Interbus, ведення журналу Interbus, облік поїздок за журналом Interbus; накопичення інформації для контролю, аналізу та отримання звітності з метою оперативного прийняття управлінських рішень.

Стислий опис ідеї. Для досягнення цієї мети в проекті сформульовані й вирішені наступні завдання:

- внесення законодавчих змін, а саме: затверджений «Порядок організації регулярних, нерегулярних та маятникових (човникових) перевезень пасажирів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні» відповідно Наказу Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України № 966 від 05.09.2024
- здійснено дослідження та аналіз поточних систем що використовуються для систем підтримки та прийняття рішень «дозвільних систем»;
- розроблено технічне завдання на розробку;
- розроблена система, що уніфікує застосування єдиних зразків транспортних документів, а саме: контрольного документа для лібералізованих нерегулярних перевезень для сприяння процедурам перевірки та спрощення їх видачі, що застосовуються до автобусів, які здійснюють міжнародні нерегулярні перевезення.

Додаток побудовано на Low-Code платформі. При реалізації архітектури клієнтської частини використано підхід MVC (Model-View-Controller), що дозволяє розділити бізнес-логіку (моделі) від її візуалізації (уявлення, виду), за рахунок чого підвищується можливість повторного використання моделі.

Технології, що використовуються для реалізації проекту Мова програмування JavaScript та Node.js, як на серверній частині так і на клієнті. Клієнтський web-додаток реалізується з використанням бібліотек JavaScript на основі підходу MVC (Model-View-Controller, «модель-подання-поведінка»). В якості основного сховища даних була застосована СУБД MS SQL.

Висновки. У рамках реформи міжнародних автобусних перевезень було «цифровізовано» порядок замовлення журналів "Interbus", впорядкована видача та використання відповідних дозволів на перевезення. Створена єдина база даних відповідних дозволів на перевезення, що дасть можливість забезпечити конкурентні умови на ринку автобусних перевезень, коли відповідні дозволи будуть використовувати виключно для нерегулярних перевезень відповідно до Угоди Interbus.

Література

1. Про затвердження Порядку організації регулярних, нерегулярних та маятникових (човникових) перевезень пасажирів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні, Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України №966 від 05.09.24 [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1662-24#Text>, дата звернення 09.05.2025.

2. «Нерегулярні пасажирські перевезення: кабінет перевізника доповнено новим цифровим модулем» [Електронний ресурс]. Доступно: <https://mindev.gov.ua/news/36561-nereguliarni-pasazirski-perevezennia-kabinet-pereviznika-dopovneno-novim-cifrovim-modulem>, дата звернення 09.05.2025.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ФІЛЬТРОМ-ПРЕСОМ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

Канєв В. О., аспірант, Лорія М. Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Метою дослідження є розробка та впровадження системи автоматичного управління фільтром-пресом у процесі виробництва соків з метою підвищення ефективності фільтрації, зменшення втрат сировини та покращення якості кінцевого продукту.

Процес фільтрації у виробництві соків є критично важливим для досягнення необхідної прозорості та чистоти напою. Традиційні методи з ручним керуванням фільтр-пресом часто супроводжуються нерівномірною якістю, простим обладнанням та людським фактором. Автоматизація цього процесу дозволяє не лише стабілізувати технологічний цикл, а й адаптувати керування до змін у сировині або продуктивності, що особливо актуально для підприємств із безперервним циклом роботи.

На початковому етапі виробництва соків фрукти подрібнюються до пюреподібної маси, з якої за допомогою пресування виділяється сік. Отриманий сік проходить попередню очистку, після чого направляється на фільтрацію. Одним із найефективніших способів є використання камерних фільтр-пресів, які забезпечують механічне розділення твердої та рідкої фаз. Сік подається під тиском у фільтрувальні камери, де за допомогою фільтрувального полотна відокремлюються залишки мезги.

У звичайному циклі фільтрування після заповнення камер здійснюється злив рідкої фази, промивка осаду, а також вивантаження сухих відходів. Цей процес вимагає точного регулювання тиску, часу та об'ємів, що робить його складним для ручного керування.

Запропонована система передбачає автоматичне регулювання основних параметрів фільтрації – тиску, часу подачі соку, та циклів промивки. Також інтегрується система зворотного зв'язку з датчиками рівня, тиску і температури, що дозволить своєчасно реагувати на відхилення у процесі.

Контроль здійснюватиметься через програмований логічний контролер (ПЛК), а візуалізація – через операторську панель з інтерфейсом SCADA. Це дозволяє створити гнучку систему моніторингу та оптимізації роботи обладнання. Додатково можливе використання інтелектуальних моделей, що аналізують поведінку фільтрувального середовища для підвищення ресурсу фільтр-полотен та стабільної якості соку.

Автоматизація процесів керування фільтром-пресом у виробництві соків дозволяє досягти вищої ефективності, зменшення витрат на обслуговування обладнання та покращення стабільності технологічного процесу. Такий підхід відкриває перспективи для впровадження розумних систем керування на харчових виробництвах.

Література

1. Стецюк В. Технічне переоснащення сокового відділення на цукровому заводі ТОВ «Збараж-цукор» URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30484> – С. 15–17.
2. Капліна О. Розробка системи автоматизації процесу фільтрації сатураційного соку на цукровому заводі URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/items/c008a882-0ddb-4043-b322-15a851f3dabd> – С. 20–23.
3. Barna V. et al. Predicting Filter Medium Performances in Chamber Filter Presses with Digital Twins Using Neural Network Technologies // arXiv. – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2502.14571> – С. 2–6.
4. Сорока В. Синтез системи автоматичного керування процесом фільтрації напоїв на базі мікропроцесорної техніки URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/13657> – С. 12–18.
5. Технологічне обладнання виробництва соків і переробки винограду. URL: <https://anyflip.com/dzsvt/xmjr/basic> С. 10–14.

ПІДХОДИ ТА МЕТОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ WINDOWS

Терещенко Т.П., Терещенко К.В., Штонда Р.М., Черниш Ю.О., Ляшенко Г.Т.

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

Сучасні підходи до захисту операційних систем базуються на кількох ключових принципах, що забезпечують їхню безпеку та стійкість до кібератак. Перший із цих принципів полягає в тому, що користувачеві може бути надано як прямий, так і опосередкований доступ до вмісту операційної системи [1]. Це може стосуватися різних її компонентів, зокрема файлів, що зберігаються на локальному диску, привілейованих системних викликів, персональних даних власників облікових записів, а також служб, що функціонують у межах запущених програм.

Другий важливий аспект захисту операційної системи пов'язаний із розмежуванням запитів, що надходять від авторизованих і неавторизованих користувачів. Система може або надавати доступ до певних ресурсів, або ж блокувати його, залежно від рівня прав доступу запитувача. Це розмежування реалізується безпосередньо на рівні операційної системи, що дає змогу забезпечити багаторівневий контроль над діями користувачів.

Запити на доступ до операційної системи поділяються на два основні типи. Перший тип – це зовнішня безпека, що охоплює запити, які надходять із зовнішнього середовища, зокрема під час спроби авторизації через консоль або мережеве підключення. У таких випадках ідентифікація користувача здійснюється шляхом введення облікових даних, а також за допомогою додаткових методів, наприклад магнітних карток або біометричних даних. Другий тип – внутрішня безпека, що передбачає контроль за процесами, які вже функціонують у системі. Якщо певна програма була запущена, вона, як правило, не стикається з обмеженнями, проте кожен процес має унікальний ідентифікатор, який використовується для перевірки запитів на доступ до системних ресурсів.

Окрім класичної моделі контролю доступу, що ґрунтується на дозволі або забороні певних дій, сучасні системи з розширеними функціями безпеки включають механізми моніторингу активності користувачів. Це дає змогу отримувати відповіді на питання на кшталт “Хто переглядав цей файл?” або “Які дії були виконані над цим ресурсом?”. Зокрема, компанія Microsoft пропонує цілісний комплекс рішень для захисту підприємств як на етапі запобігання загрозам, так і після їх виникнення. Система безпеки Microsoft Defender Advanced Threat Protection (ATP) інтегрується в різні компоненти, зокрема кінцеві пристрої, ідентифікаційні служби, електронну пошту та програми, що дає змогу ефективно виявляти, запобігати, досліджувати атаки та автоматично реагувати на складні загрози.

Використання вбудованих засобів захисту програмного забезпечення.

Шкідливе програмне забезпечення (malware) становить серйозну загрозу для операційної системи Windows, оскільки може призвести до втрати даних, порушення конфіденційності та компрометації всієї системи. Для запобігання таким загрозам необхідно правильно налаштовувати засоби захисту операційної системи. Основними інструментами захисту є Windows Defender, брандмауер Windows, система контролю доступу, віртуалізація та сучасні технології захисту, що розширюють можливості боротьби з кіберзагрозами.

Windows Defender є вбудованим антивірусним рішенням, що забезпечує проактивний захист від вірусів, троянів, руткітів та іншого шкідливого ПЗ. Він використовує аналітику загроз, автоматично оновлює вірусні сигнатури через Windows Update і застосовує хмарний аналіз для виявлення нових загроз у режимі реального часу. Окрім цього, важливу роль у захисті операційної системи відіграє брандмауер Windows, який фільтрує вхідний та вихідний трафік, запобігаючи несанкціонованому доступу до системи.

Система контролю доступу та аутентифікації забезпечує захист облікових записів через багатофакторну аутентифікацію, Credential Guard та управління груповими політиками Active Directory. Віртуалізація, зокрема технологія Hypervisor, використовується для ізоляції критично важливих процесів, а функції Device Guard і Windows Sandbox дозволяють запобігати виконанню непідписаного програмного коду та ізолювати потенційно небезпечне програмне забезпечення.

Щоб ефективно захистити систему, необхідно налаштувати Microsoft Defender, увімкнувши хмарний захист та автоматичне надсилання зразків для аналізу. Використання Microsoft Defender Exploit Guard допомагає блокувати експлойти та контролювати доступ до критично важливих файлів. Також варто налаштувати реакцію на загрози через Windows Security Center. Підсилення захисту брандмауера Windows передбачає автоматичне блокування підозрілих з'єднань, фільтрацію мережевого трафіку та використання ізованих мереж для критичних сервісів.

Віртуалізація для стримування атак.

Одним із передових підходів до захисту операційної системи є віртуалізація, яка дає змогу стримувати атаки шляхом ізоляції критично важливих компонентів. Microsoft реалізувала цей принцип у Windows через механізм Virtualization-Based Security (VBS), який забезпечує додатковий рівень захисту за допомогою гіпервізора. Головна перевага VBS полягає в тому, що він створює спеціалізоване віртуальне середовище для виконання захищених операцій, яке є ізованим навіть від кореневого розділу системи.

Цей механізм запобігає виконанню непідписаного коду в режимі ядра, навіть якщо сама операційна система була скомпрометована. Крім того, для посилення захисту гіпервізора від потенційних атак необхідно активувати функції VT-d та Trusted Platform Module (TPM). Використання Credential Guard також може значно покращити безпеку облікових даних, хоча для його ефективної роботи необхідна додаткова конфігурація.

Сучасні методи захисту Windows постійно розвиваються. Перспективними напрямками є використання Blockchain для перевірки цифрових сертифікатів, система

Windows Defender ATP (Advanced Threat Protection) для аналітики загроз та автоматичного виправлення вразливостей, а також штучний інтелект для аналізу поведінкових загроз, що розширює можливості антивірусного захисту.

Правильне налаштування засобів захисту Windows є критично важливим для забезпечення безпеки системи. Використання вбудованих механізмів безпеки, таких як Windows Defender, Firewall, Credential Guard, а також впровадження новітніх технологій, таких як Blockchain та поведінковий аналіз загроз, дозволяє значно знизити ризик шкідливих атак. Комплексний підхід до безпеки включає постійне оновлення системи, контроль доступу та використання сучасних засобів захисту від загроз.

Значну увагу при розробці політики безпеки в області протидії шкідливому програмному забезпеченню. Визначення ключових параметрів, таких як активація захисту в режимі онлайн, використання хмарних сервісів для аналізу загроз, а також автоматичне надсилання підозрілих програмних кодів на сервери для перевірки, дозволяє усвідомити принципи роботи сучасних антивірусних рішень. Ці знання є необхідними для створення ефективних систем захисту, що функціонують у режимі реального часу.

Література

1. Ilyenko, A., Ilyenko, S., & Kulish, T. (2020). ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ WINDOWS. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», 4(8), 124–134. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.8.124134>.

ПОСІВ ТЕХНІЧНОЇ КОНОПЛІ 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 технічної коноплі в Україні зростає з кожним роком. Ця культура є не лише економічно вигідною, а й екологічно перспективною. Технічна конопля не потребує великої кількості пестицидів, пригнічує ріст бур'янів, очищує ґрунт і накопичує велику кількість біомаси, яка використовується у різних галузях — від текстильної до будівельної.

Згідно з дослідженнями Інституту луб'яних культур НААН України, врожайність насіння конопель за належної технології може сягати 1,2–1,6 т/га, а волокна — понад 3 т/га. Успіх вирощування значною мірою залежить від точності та якості сівби, тому вибір і налаштування сівалок має першочергове значення.

Конопля характеризується високою енергією проростання, що дозволяє рослині швидко розвиватися на початкових етапах вегетації. Вона має потужну кореневу систему зі стрижневим коренем, який може проникати на глибину до 2 м. Така особливість вимагає глибокого розпушування ґрунту, щоб забезпечити доступ до вологи й поживних речовин.

Насіння коноплі досить чутливе до умов загортання, тому критично важливим є дотримання глибини сівби в межах 3–4 см. Порушення цих вимог може призвести до нерівномірних сходів, що, своєю чергою, впливає на подальшу якість волокна або врожайність насіння. Конопля також не витримує загущення — надмірна щільність посіву знижує врожайність та сприяє розвитку хвороб [1].

Сівалка, яка використовується для посіву технічної коноплі, повинна відповідати ряду ключових вимог. По-перше, тип сівалки обирається залежно від призначення культури. Якщо конопля вирощується на волокно, доцільно застосовувати зернові сівалки з міжряддям 7,5–15 см, які забезпечують густий покрив для формування якісного волокна. При вирощуванні на насіння використовують просапні сівалки з шириною міжряддя 45–70 см,

які дають змогу краще контролювати густоту стояння рослин і спростити міжрядний обробіток [2].

Крім вибору типу сівалки, необхідно забезпечити можливість точного налаштування норми висіву. Для насінневого призначення рекомендована норма становить 20–25 кг/га, а для волокна — 50–70 кг/га. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для росту без перевитрати посівного матеріалу. Точність дозування та рівномірне укладання насіння у ґрунт є надзвичайно важливими, особливо в умовах органічного землеробства [3].

Сучасна сівалка також має бути універсальною, тобто придатною до використання у різних системах землеробства, включаючи органічне виробництво, технології No-Till та Strip-Till. Це означає, що агрегат повинен працювати на ґрунтах з великою кількістю пожнивних решток, без попереднього обробітку, не порушуючи структури ґрунту. Не менш важливо, щоб сівалка забезпечувала мінімальне травмування насіння під час висіву, оскільки його механічне пошкодження значно знижує енергію проростання та схожість.

Ринок аграрної техніки сьогодні пропонує широкий спектр машин, що здатні ефективно здійснювати сівбу технічної коноплі. Серед закордонних сівалок найбільш поширеними є моделі Gaspardo MTR, Monosem, John Deere MaxEmerge, які відзначаються високою точністю висіву, стабільністю роботи та наявністю систем контролю. Вони ідеально підходять для посіву насіння в широкорядному способі.

Для сівби на волокно добре себе зарекомендували Horsch Pronto та Vaderstad Rapid. Ці універсальні сівалки забезпечують суцільний рівномірний посів із високою швидкістю, зберігаючи при цьому якість загортання.

Українські виробники також пропонують гідну альтернативу іноземним агрегатам. Зокрема, сівалки Elvorti Vega 8 Profi, Chervona Zirka Vesta 8 Profi, LOZOVA MACHINERY Dinamika та Ukragropostach FS-12 — це приклади вітчизняної техніки, яка адаптована до умов українського клімату, типів ґрунтів і особливостей сільгоспвиробництва. Вони забезпечують належну якість посіву, можуть працювати на різних режимах і дозволяють гнучке налаштування відповідно до потреб конкретного господарства [4].

Для досягнення високих показників якості посіву важливо не лише правильно обрати модель сівалки, а й грамотно її експлуатувати. Перед початком польових робіт потрібно провести ретельне калібрування норм висіву на кожному ряді. Це дозволяє уникнути надмірного або недостатнього висіву в окремих зонах поля.

Доцільно використовувати прикочуючі котки, які забезпечують щільний контакт насіння з ґрунтом, покращують умови для поглинання вологи та активізації проростання. У сівалках, оснащених електронними системами контролю, встановлюються датчики висіву, монітори норми та GPS-навігація, що забезпечує високоточний контроль процесу та економію ресурсів.

Особливої уваги потребує чистота агрегату. Умови підвищеної вологості, наявність залишків попередника або вирощування коноплі в органічному секторі вимагає частого очищення механізмів. Це знижує ризик забивання та зупинок у роботі, що може призвести до нерівномірного посіву.

Україна має потужний потенціал для розвитку вирощування технічної коноплі, особливо на тлі глобального переходу до сталого, органічного та ресурсозберігаючого сільського господарства. В умовах зміни клімату, зростання вартості мінеральних добрив і пестицидів, а також підвищеної уваги до екологічності продукції, технічна конопля постає як перспективна альтернатива традиційним сільськогосподарським культурам. Її біологічні особливості — зокрема здатність пригнічувати бур'яни, мінімальна потреба в хімічному захисті та короткий період вегетації — роблять її надзвичайно придатною для впровадження у сівозміну.

З кожним роком збільшується кількість фермерських господарств і агропідприємств, які вводять технічну коноплю до структури посівів як альтернативу таким культурам, як соняшник, ріпак чи кукурудза. Це пов'язано не лише з економічною доцільністю, а й із потребою у покращенні фітосанітарного стану ґрунтів і зменшенні антропогенного навантаження. До того ж, переробка продукції коноплярства відкриває додаткові ринки збуту — від текстильної промисловості до виробництва будівельних матеріалів, біопластику, кормів і харчової продукції.

Сучасна техніка для сівби, як імпортного, так і українського виробництва, дає змогу проводити якісний посів у найрізноманітніших умовах: у класичних, мінімально-оброблюваних або органічних технологіях. Це є ключовим чинником для формування рівномірних сходів, оптимальної густоти рослин і, відповідно, високої врожайності. Надійні, високоточні сівалки, які мають широкий спектр регулювань, можливість роботи з різними нормами висіву та міжряддями, стають необхідною ланкою в ефективному вирощуванні технічної коноплі. Варто окремо відзначити економічну доступність української техніки.

Успішне вирощування технічної коноплі вимагає системного підходу, де важливу роль відіграють правильно підібрана сівалка, її технічний стан, точність налаштувань і своєчасне обслуговування. Український аграрний сектор уже сьогодні має у своєму розпорядженні всі необхідні технічні ресурси та знання для ефективного посіву цієї культури. За умови правильної організації агротехнічних заходів технічна конопля може стати не лише рентабельною, а й стабільною складовою українського агровиробництва з високим експортним потенціалом.

Література:

1. Інститут луб'яних культур НААН України. Методичні рекомендації з вирощування коноплі, 2020.
2. Герасименко В. О. Сільськогосподарські машини: підручник. — Х.: Факт, 2021.
3. Сидоренко О. М., Кравченко Л. В. Технології вирощування технічних культур. — К.: Урожай, 2019.
4. Журнал "АгроЕліта", №3 (103), 2024: "Конопля: техніка, технології, ринок".

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ НА ВІДСТАНІ

Гнибіда К.А., Вичужанін В.В., к.т.н., професор
Національний університет «Одеська політехніка»

Інформаційні технології стали важливою складовою сучасного освітнього процесу, особливо в умовах глобальних змін у сфері навчання. Використання цифрових інструментів дозволило забезпечити безперервність навчання під час пандемії, а також започаткувало нову етап трансформації освіти загалом. Зокрема, вдосконалення методів персоналізованого навчання, використання онлайн-платформ і адаптивних технологій сприяє гнучкості та доступності освіти [1].

Інформаційні технології стали основним інструментом для підтримки і розвитку сучасної освіти. Особливо в період глобальних змін, пов'язаних із пандемією COVID-19, дистанційне навчання стало необхідністю [2]. Застосування цифрових інструментів не лише зберегло безперервність освітнього процесу, а й забезпечило нові можливості для розвитку інноваційних підходів в освітньому процесі.

Одним з ключових інструментів, що використовуються в дистанційному навчанні, є хмарні обчислення. Вони забезпечують зручне зберігання та доступ до навчальних матеріалів з будь-якого пристрою. Онлайн-платформи, що використовують хмарні сервіси,

дозволяють організовувати спільну роботу, обмінюватися файлами, коментувати роботи та проходити тести в реальному часі [3].

Платформи для управління навчанням, такі як Moodle, Google Classroom, Canvas, дозволяють централізовано керувати освітнім процесом [4]. Вони дають можливість адмініструвати розклад, завдання, оцінювання та аналітику успішності студентів, що значно підвищує ефективність навчання.

Системи відеоконференцій, такі як Zoom, Microsoft Teams та Google Meet, дають можливість проводити онлайн-лекції та консультації, що забезпечує ефект присутності і дозволяє зберігати інтерактивність. Важливими є також мобільні застосунки, що надають доступ до навчальних матеріалів і тестів з будь-якого пристрою.

Література

1. Амеліна О., Цуркан О. *Дистанційне та змішане навчання. Досвід, поради, інструменти*. — Харків: Ранок, 2021.
2. Близнюк Т. *Цифрові інструменти для онлайн і офлайн навчання: навчально-методичний посібник*. — Івано-Франківськ: ПНУ, 2021.
3. Вакалюк Т.А. *Хмарні технології в освіті: навчально-методичний посібник*. — Житомир: ЖДУ, 2016.
4. Байбуз О.Г., Харченко Н.І. *Системи управління дистанційним навчанням*. — Дніпро: ДНУ, 2014.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОЛОГОГО ПРОСІЮВАННЯ ДРІБНОЇ РУДИ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКУ

Моркун В.С., д-р техн. наук, проф., Грищенко Я.О., аспірант
Байротський університет

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У теперішній час на багатьох гірничозбагачувальних комбінатах для класифікації подрібненої руди за крупністю почали використовувати грохоти тонкого вологого грохочення. Популярності такий підхід набув завдяки тому, що заміна на них зазвичай використовуваних механічних спіральних класифікаторів та гідроциклонів сприяє покращенню якості кінцевого продукту збагачення, зменшенню втрат корисних компонентів і витрат на процеси переробки та підвищенню продуктивності. Зокрема, у роботі [1] наводиться приклад установки високочастотного грохоту після 4 стадії магнітної сепарації з розсівом по класу крупності 0,045 мм. Аналіз результатів показав, що таке технологічне рішення забезпечує підвищення вмісту заліза в підрешетному продукті до 67,0% у порівнянні з існуючим вмістом в концентраті діючої фабрики 65%. Разом з тим, зазначається необхідність попередньої дефлокуляції вхідного продукту для збільшення ефективності грохочення, звільнення захоплених у флокули нерудних зерен, а також покращення характеристик подальшого процесу фільтрування. Також звертається увага на швидке забивання щілин просіювачої поверхні, що знижує вихід тонких класів в підрешітний продукт і вимагає частої зупинки грохотів для очищення або заміни сит.

Вирішити зазначені проблеми шляхом застосування типових рішень в умовах сучасного інтенсивного виробництва неможливо [2]. Отже, з метою переходу на новий технологічний рівень та досягнення високих якісних показників процесів збагачення корисних копалин перспективним є використання ультразвукових технологій [3].

Рудна пульпа є гетерофазним середовищем, що включає частинки подрібненої руди та газові бульбашки. Концентрація та фракційний склад як твердої, так і її газової фази змінюються в процесі просування сировини та продуктів збагачення по технологічній лінії. Ефективність застосування ультразвуку в технологічних операціях, що включають елементи

енергоємної контактної взаємодії, в першу чергу залежить від розуміння поведінки частинок твердої фази та газових бульбашок у його силовому полі.

В основі динамічної поведінки твердих частинок лежить взаємодія між ними, наприклад контактні сили та далекосяжні безконтактні сили (наприклад, сила акустичного тиску, сила Ван-дер-Ваальса, капілярна сила та ін.) [4,5]. Розуміння цих взаємодій є ключем до з'ясування систем частинок, а також до проектування та контролю відповідних процесів. У роботі [4] розглянуто досягнення в основних законах взаємодії між частинками, отримані за допомогою чисельних методів у діапазоні від атомного до континуального масштабу. Також обговорюється вплив тертя та адгезії на упаковку частинок, потік частинок, змішування, руйнування та зміцнення частинок у композитах.

У роботі [5] за допомогою експериментів і моделювання молекулярної динаміки закладено теоретичну основу для промислового застосування ультразвукового зниження в'язкості, принаймні стосовно нафтопродуктів.

При русі частинки подрібненої руди в шарі матеріалу на ситі грохота на неї діє сила опору середовища (в'язкості) та сила опору частинок, що її оточують, при прагненні даної частинки пройти через них. Геометрія контактних поверхонь, механічні властивості матеріалів і навантаження, що прикладаються до контакту визначають механізм взаємодії частинок подрібненої руди при їх зіткненні. Ці фактори формують напруження у точковому контакті та траєкторії руху частинок у середовищі, в якому вони знаходяться.

Частинки подрібненої руди та газові бульбашки в потоці пульпи в силу своїх індивідуальних характеристичних ознак (крупність, щільність, маса) кожна по своєму реагують на акустичну енергію та динамічний вплив ультразвукових коливань, що прикладені та розповсюджуються у середовищі. Тобто ультразвук сприяє різноманітності динамічної реакції і підвищенню рухомості складових її гетерофазної структури.

Ультразвукові коливання у рідині, що включає газові бульбашки, за певних умов викликають сплески тиску руйнівної амплітуди у наближеному до них просторі. Зазначена реакція сприяє ліквідації рудних агрегацій та флокулоутворень у пульпі.

Розглянутий механізм поширення ультразвуку в пульпі сприяє підвищенню коефіцієнта макродифузії, зменшенню загального коефіцієнту опору середовища та збільшенню швидкості проходження частинок подрібненою руди через сито грохота і зменшенню частки некласифікованого продукту. Ефективність грохочення руди при цьому зростає в середньому на 3%.

Література

1. Олійник Т.А., Скляр Л.В., Олійник М.О., Кушнірук Н.В., Скляр А. Ю, Коржан І.А.. Використання тонкого грохочення в умовах ПРАТ Північного ГЗК. Підготовчі процеси збагачення. Збагачення корисних копалин. 2018. Вип. 69(110), с. 69-77. <http://zzkk.nmu.org.ua/pdf/2018-69-110/9.pdf>.
2. Azaryan A. A., Batareyev O. S., Karamanits F. I., Kolosov V. O., Morkun, V. S. Ways to reduce ore losses and dilution in iron ore underground mining in kryvbass. Science and innovation. 2018. Volume 14, Issue 4, p. 17-24. DOI: 10.15407/scine14.03.017.
3. Morkun V., Gubin G., Oliinyk T., Lotous V., Ravinskaia V., Tron V., Morkun N., & Oliinyk M. High-energy ultrasound to improve the quality of purifying the particles of iron ore in the process of its enrichment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017, Volume 6(12 (90). p. 41–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118448>.
4. Zheng Q.J., Yang R.Y., Zeng Q.H. , Zhu H.P. , Dong K.J. , Yu A.B. Interparticle forces and their effects in particulate systems. Powder Technology. 2024. Volume 436, 119445. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119445>.

5. Shi J, Tong L, Sun L, Jiang T, Yu X, Yu K, Lu S, Xu W. Molecular Dynamics Simulation on the Process of Ultrasonic Viscosity Reduction. *Processes*. 2024. Volume 12. Issue 12. 2803. <https://doi.org/10.3390/pr12122803/>

MORPHOLOGICAL ANALYSIS USING ISHIKAWA DIAGRAM IN CREATING AN IDEAL RAILWAY TRANSPORT VEHICLE

Fomin O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Burlutskyi O., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Burlutskyi D., student. gr. 109-BKM-D23
Kyiv Institute of Railway Transport of State University of Infrastructure and Technologies
Ukrainian State University of Railway Transport

During the development, creation, and modernization of new transport engineering equipment [1-3], engineers and scientists must engage in numerous research processes. When creating new technical solutions (inventions), they face the challenge of processing large volumes of scientific and technical information, from reviewing specialized literature and conducting patent searches to studying a vast amount of popular science sources and content.

To alleviate this burden on engineering and technical personnel, the authors propose optimizing the well-known and widely used Morphological Analysis Method (GMA) [4, 5] with tools from Total Quality Management (TQM) [6]. Fritz Zwicky [4,5] pioneered general morphological analysis as a method for studying the interconnected relationships within multidimensional, non-quantifiable problem sets.

As is known, the main stages in applying morphological analysis are:

- 1) Defining the goal and objectives of the analysis (constructing diagrams, principles of operation, etc.);
- 2) Identifying key points (axes) and defining individual parts of the task;
- 3) Identifying possible solutions to the tasks;
- 4) Completely enumerating all solution options.

Therefore, it is proposed to optimize this array of options in favor of the most important components of the final solution, using well-known analytical and empirical dependencies obtained through Ishikawa and Pareto diagrams. These approaches are widely used, for example, in Total Quality Management (TQM) – an organization-wide method for continuously improving the quality of all organizational processes, including invention.

Having empirical dependencies (experienced data), which in turn can be subdivided relative to each other by the level of qualification of experts (expert assessments) according to the significance of these dependencies (e.g. generalised domestic or foreign experience), it is possible to construct uncomplicated - up to 10-parametric (according to Zwicky) Ishikawa diagrams, which can be more accurate in terms of percentage, allow to visually and visually distinguish the main categories of analysed objects and the objects themselves.

Optimisation of the received and analysed information presented in the form of Ishikawa diagram. It allows to single out the most important (significant) objects from all categories of objects, the change and optimisation of which will constitute the main share in the formation of quality (efficiency) of the final invention (product, process, service, etc.) If we consider a particular case of development (invention) of a certain 14-object parametric design of a technical device (railway car as an example [7]) in the morphological analysis, then, for example, the Ishikawa parametric diagram will look as follows (Fig. 1).

Here for each of the analysed and considered object (there are 14 of them) from 6 categories of objects respectively, is shown its nominal empirical significance (price) obtained by experience, for example by highly motivated and qualified specialists and experts, in this case in percent, the total sum of which is the maximum possible 100% quality (efficiency, novelty) of the resulting technical solution.

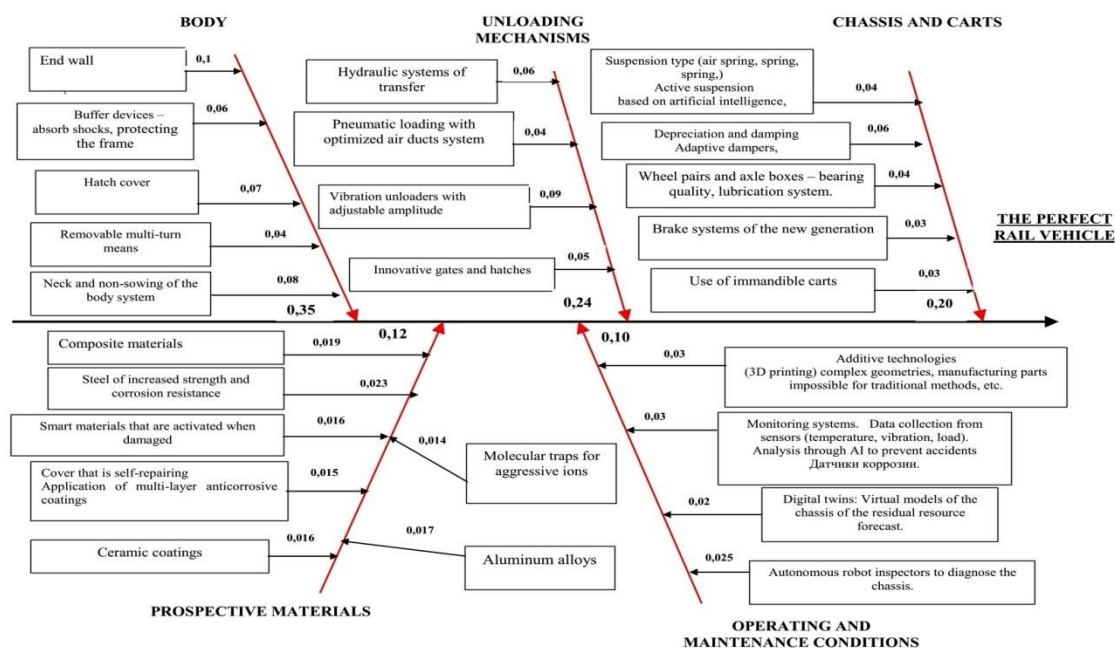


Fig.1. 5-Ti Parametric Ishikawa logic diagram of a GMA (14-object) technical system

Thus we can draw the main conclusions of this work:

- by changing and improving the properties and characteristics of the objects that turned out to be in the group of the most significant, it is possible to obtain the maximum effect of improving the efficiency of a new technical solution (invention);
- by changing and improving the properties and characteristics of objects in this group, it is possible to minimise the risks of obtaining an ineffective new technical solution (invention), because in the total evaluation of these objects have the greatest weight;
- using this method significantly reduces the cost and time for processing of possible variants of morphological analysis without taking into account unimportant and (or) stably unchangeable objects.

References

1. Kovalchuk V. V., Moiseev L. M., Fundamentals of scientific research: a textbook. Edition 2, revised and supplemented. Kyiv: Professional Publishing House, 2004. 208 p.
2. Polovinkin A.I. Fundamentals of engineering creativity. - Moscow: Mashinostroenie, 1988. 368 p.
3. Burlutskyi O. V. Consideration of the problem of protection of the right to scientific discovery in the conditions of the Ukrainian STP, Journal of Kyiv University of Law. 2013. № 4. 246-249 p.
4. Pankratova N.D., Savchenko I.O., Strategy of application of the method of morphological analysis in the process of technological foresight. Scientific news of NTUU "KPI": scientific and technical journal, 2009, № 2(64), 35-44 p.
5. Zwicky F., Discovery Invention, Research Through ,Morphological Approach. MacMillan, 1969, New York, 276 p.
6. da Silva L. L. C. Morphological analysis of the introduction of electric vehicles in São Paulo's urban traffic, Future Studies Research Journal. 2011. Vol. 3. № 1, 14-36 p.
7. Fomin O.V. The concept of ideal gondola bodies Bulletin of the East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, 2013, № 4 (193) 287-291 p.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВЕРШКОВО-ОЛИВКОВОГО СПРЕДУ З ВИКОРИСТАННЯМ СОКУ ГАРБУЗА ТА БУРЯКА

Могутова В. Ф., к.с.-г.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Оливкова олія багата мононенасиченими жирними кислотами: вона містить велику кількість олеїнової кислоти, що становить більше 70% від всіх жирних кислот, близько 10% лінолевої кислоти і близько 15% насичених жирних кислот. Завдяки цим властивостям оливкової олії споживання такого спреду може сприяти зниженню рівню холестерину в крові. Оливкова олія містить ряд сполук, в основному стерол, токоферолі і поліфеноли, які в оливковій олії становлять близько 1 %, а також вітамін Е і поліфеноли, які антиоксидантами з високої активною. Оливкова олія містить унікальний вітамінний комплекс, що включає вітаміни А, D, Е. Кислоти, що містяться в оливковій олії, служать основою для будівельного матеріалу клітинних оболонок. Оливкова олія сприяє поліпшенню травної системи, активізуючи роботу шлунка, кишечника і печінки, нормалізації артеріального тиску, і є відмінним засобом для профілактики серцево-судинних захворювань, діабету і ожиріння. Оптимальна кількість оливкової олії була визнана такою: 9,3 кг на 100 кг готового вершково-оливкового спреду. При зниженні її до 6,2 кг на 100 кг продукту готова продукція практично не змінює консистенцію вершкового масла, що дає можливість більше збагатити спред рослинною добавкою. При підвищенні її до 14,5 кг на 100 кг готового продукту спред має кращу консистенцію, не привабливий для споживача зовнішній вигляд [2].

Гарбуз багатий фоліевою кислотою (вітамін В₉), що відіграє важливу роль у кровотворенні, та пантотеновою кислотою (вітамін В₃), брак якої призводить до порушення обміну речовин. В ньому містяться солі калію, кальцію, виводиться з організму, не даючи йому осідати на стінках судин, і стимулює обмін жирів. Особливе значення мають пектини, вони зв'язують і видаляють з організму солі важких металів, свинцю, ртуті і, що особливо важливо в сучасних екологічно несприятливих умовах, радіоактивні елементи. Цінність плодів гарбуза полягає в тому, що вони містять пептонізуючі ферменти, які перетворюють білок в розчинну форму. Це має велике значення в дієтичному харчуванні [2].

Лікувальні властивості бурячного соку в значній мірі обумовлені вмістом бетаїна та бетаніна, бетаїн сприяє регенеративним процесам печінки, покращує стимулюючий обмін; бетанін має загально стимулюючу дію, підвищує опір організму, сприяє укріпленню стінок капілярів, зниженню артеріального тиску, засвоєнню кобаламіна. Вміст вітамінів такий (мг/100 г): каротин - 0,01; аскорбінова кислота - 10; піроксидин - 0,07; ніацин - 0,42; рибофлавін - 0,1; фолацин - 0,021 тіамін - 0,02; токоферолі - 0,5. Вміст біофлавоноїдів - 37-75 мг/100 г [2].

Метою даної роботи було наукове та практичне обґрунтування актуальності та доцільності використання в технології спреду з додаванням соку гарбузу та буряку.

Матеріалом слугували наявні наукові джерела. Використовували методи порівняння та аналізування.

Кількість гарбузового та бурячного соків обирали, орієнтуючись на зовнішній вигляд, смак та консистенцію готового вершково-оливкового спреду. Оптимальне співвідношення гарбузового і бурячного соку в спредах становило відповідно 22,4:100 кг і 24,8:100 кг. Саме такі концентрації компонента надають готовому продукту гармонійного смаку, привабливого кольору та помірної щільної консистенції [1].

В якості жирового компоненту тваринного походження використовували масло вершкове жирністю 72,5%.

Якість нових спредів оцінювали згідно з вимогами ДСТУ 4445:2005 «Спреди та суміші жирів» [3].

За органолептичними показниками розроблені вершково-оливкові спреди мали привабливі споживчі характеристики: приємний зовнішній вигляд, рівномірне по всій масі забарвлення, однорідну консистенцію та природній, гармонійний смак і аромат.

Поєднання запропонованих співвідношень всіх компонентів забезпечило виконання поставленої мети - створення вершково-оливкового спреду 100% натурального продукту без використання барвників, ароматизаторів і стабілізаторів, як дієтичного продукту для підвищення імунітету з покращеними органолептичними властивостями.

Література

1. Машкін М.І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І. Машкін, Н.М. Париш / Навчальне видання: - К.: Вища освіта, 2006. 351 с.
2. Сімахіна Г. О. Оздоровчі продукти – світовий тренд та основний об'єкт перспективних технологій: теорія і практика / Г. О. Сімахіна, Н. В. Науменко // Перспективні технологічні процеси виробництва оздоровчих продуктів : підручник. – Київ : НУХТ, 2023. 288 с.
3. Спреди та суміші жирові: 4445:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 17 с. – (Національний стандарт України).

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ МІЦНІСНИХ ПАРАМЕТРІВ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ЗЕРНОВОЗА ДЛЯ КРАЇН ЄС

Фомін О.В., д.т.н., професор, Прокопенко П.М., Ph.D
Державний університет інфраструктури та технологій

Переорієнтація українського ринку, в тому числі ринку зернових культур, є результатом інтеграції економіки України в економіку Європейського Союзу. В свою чергу це вимагає адаптацію транспортної системи в Україні в транспортну систему країни Європи для безбар'єрної доставки вантажів європейським споживачам. Основним недоліком вантажного парку вагонів України є неможливість руху європейською транспортною системою, у зв'язку з невідповідністю габариту європейській інфраструктурі, відмінністю зчіпних пристроїв рухомого складу та різною шириною колії.

Перевезення зернових культур до пунктів перевалки з країнами Європейського союзу та до споживачів має вагоме значення в процесі функціонування економіки України.

Розроблений вагон призначений для безтарного перевезення зерна та інших аналогічних харчових сипких вантажів насипом, з основними технічними характеристиками, які максимально пристосовані для перевезення кукурудзи (пріоритетна культура для України) з можливістю експлуатації на колії шириною 1520 мм та 1435 мм. Згідно вищенаведених вимог силами АТ «Укрзалізниця» збудовано вагон для перевезення зерна, який адаптований для експлуатації на залізницях країн Європи та України

Рама та кузов вагона для перевезення зерна виготовляється з європейської сталі S355. Розрахунок міцності вагона виконується для 2-х основних розрахункових режимів. За першим розрахунковим режимом розглядається відносно рідкісне поєднання екстремальних навантажень. Основна вимога при розрахунку на міцність за цим режимом – не допустити появи залишкових деформацій (ушкоджень) у вузлі чи деталі. Допустима напруга за цим режимом вибираються близькими до межі пластичності матеріалу з урахуванням характеру дії навантаження і властивостей матеріалу [1, 2].

Згідно розробленої розрахункової моделі проведено міцнісні розрахунки запропонованої перспективної конструкції вагона для перевезення зерна за I та III розрахунковим режимом. При розрахунку вагона враховуються такі основні сили: власна сила тяжкості (вага) конструкції (тари) та сила тяжіння (вага) вантажу; інерційні сили, викликані коливальними прискореннями мас при русі вагона по нерівностях колії; сили, що виникають під час руху вагона по кривих і стрілочних перекладах; сили взаємодії між

вагонами при різних режимах руху поїзда та маневровій роботі. Приклади епюри навантажень наведено на рис.1



Рис. 1 Епюра напружень за I режимом (розтяг)

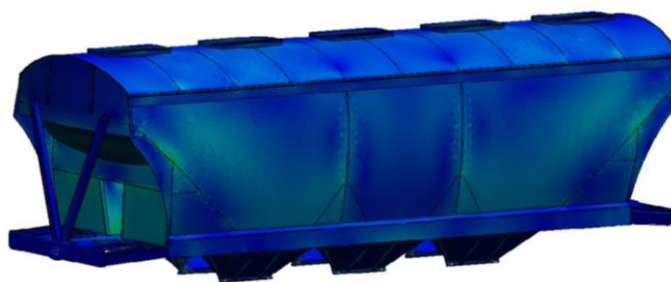


Рис. 2 Епюра напружень за III режимом (розтяг)

В таблиці 1 наведено зведені максимальні значення за результатами міцнісних розрахунків конструкції вагона для перевезення зерна [1, 2].

Таблиця 1 – Зведені результати міцнісного розрахунку за I та III режимами

Елемент вагона	Стиск, МПа	Розтяг, МПа	Допустиме значення, МПа	Стиск, МПа	Розтяг, МПа	Допустиме значення, МПа
	І режим			ІІІ режим		
Консольна частина	147	150	310,5	147	150	210
Передній упор	48	187	292,5	48	187	195
Задній упор	147	103	290	147	103	195
Шворнева балка	130	118	290	130	118	195
Лобова балка	47	75	290	47	75	195
Торцева стінка	155	157	290	155	157	195
Поперечна балка	180	176	290	180	176	195
З'єднання бункера та поперечної балки	181	175	290	181	175	195
Дах	161	155	290	161	155	195

Висновки. За результатами виконаного дослідження можна зробити висновки:

1. Запропонована конструкція вагона-хопера для перевезення зернових культур дозволяє безбарерну експлуатацію на транспортних системах країн Європи та України .

2. Результати нормативних міцнісних розрахунків підтверджують достатній запас міцності запропонованої конструкції вагона. Максимальні напруження за режимом I (стиск) склали 181 МПа при допустимому значенні напружень 290 МПа. Максимальні напруження за режимом III (стиск) склали 181 МПа при допустимому значенні напружень 195 МПа.

3. Достатній запас міцності кузова вагона для перевезення зерна дозволяє удосконалити його шляхом виконання з композитних матеріалів, що в свою чергу покращить техніко-економічні показники вагона для перевезення зерна.

Список використаних джерел

1. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних): ДСТУ 7598:2014 — [Чинний від 2015-07-01]. — Київ : УкрНДНЦ, 2014. — 162 с. — (Державний стандарт України).

2. Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, IDT): ДСТУ ГОСТ 33211:2017— [Чинний від 2017-07-01]. — Київ: УкрНДНЦ, 2017. — 58 с. — (Державний стандарт України).

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА ФОТОХІМІЧНИХ ТОВАРІВ

Меркуленко А. Д., здобувач 3 курсу бакалавріату, ХТ-22д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Фотохімічні товари – це хімічні матеріали, які зазнають змін під впливом світла, зокрема ультрафіолетового чи видимого випромінювання. До таких товарів належать фотополімери, фотозатверджені покриття, фоточутливі фарби, фотолюмінесцентні та фотохромні речовини. Вони широко використовують у поліграфії, електроніці, оптиці, медицині, автомобільній та будівельній промисловості. Зростання попиту на ці матеріали супроводжується необхідністю удосконалення їх виробництва з точки зору економічної доцільності, енергоефективності та екологічної безпеки.

Серед основних промислових методів виробництва фотохімічних товарів виділяють:

1. Традиційний синтетичний метод, що включає стадії багатоступеневого органічного синтезу із застосуванням класичних каталізаторів, розчинників та стабілізаторів. Такий метод є гнучким і дозволяє виготовляти широкий спектр сполук. Проте він пов'язаний з високим витратами на очищення продукції, утилізацію відходів та енергоспоживання. За сучасних вимог вартість очищення та захисту довкілля може перевищувати витрати на основний синтез.

2. Фотополімеризація в системах без розчинників – прогресивна технологія, що забезпечує високу економічну ефективність завдяки зниженню витрат на сушіння, зменшенню викидів летких органічних сполук (ЛОС) та пришвидшенню виробничого циклу. Найчастіше реалізується за допомогою ультрафіолетового (УФ) випромінювання або світлодіодного (LED) опромінення. Це дозволяє уникнути теплової деградації компонентів та економити електроенергію.

3. Плазмохімічні та лазерно-індуковані методи, що застосовуються при виробництві високоточних світлочутливих покриттів та структур у мікроелектроніці. Незважаючи на надзвичайну точність і якість продукції, ці методи потребують дорогого обладнання, спеціалізованих умов праці та мають обмежену продуктивність. Економічна доцільність виправдана лише при виробництві високовартісної продукції, наприклад, у виготовленні фотошаблонів, гнучкої електроніки або OLED-дисплеїв.

Оцінка економічної ефективності методів проводиться з урахуванням таких ключових факторів:

- собівартість одиниці продукції;
- вартість сировини та реагентів;
- витрати на енергозабезпечення, особливо в умовах зростання тарифів;
- витрати на охорону довкілля та дотримання екологічних норм;
- капітальні інвестиції в обладнання;
- амортизація виробничих потужностей;
- гнучкість та масштабованість технології;
- витрати на логістику та зберігання фоточутливої продукції.

З практичної точки зору, найбільш оптимальними з економічного боку є безрозчинникові фотополімеризаційні методи, які дозволяють досягти значного зниження

енерговитрат, швидкого повернення інвестицій та мінімального впливу на довкілля. Водночас, традиційні методи, незважаючи на великі витрати, залишаються затребуваними у випадках, коли потрібна висока селективність синтезу або нестандартні фотохімічні властивості. Інноваційні лазерні та плазмові технології демонструють перспективи лише в умовах високоспеціалізованого виробництва, де ключовими є точність, надійність та довготривала стабільність продукції.

Таким чином, вибір найбільш економічно ефективного методу виробництва фотохімічних товарів залежить від галузевої специфіки, обсягів виробництва, вимог до якості та екологічних стандартів. В умовах переходу до сталої економіки та цифровізації промисловості особливу актуальність набувають методи, що поєднують енергетичну оптимізацію, низький рівень відходів та високу продуктивність. Саме такі підходи мають стати основою для сталого розвитку фотохімічної промисловості у XXI столітті.

UTILIZATION OF DEFORMATION POWDER TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF IRON ALUMINIDE WITH HIGH TEMPERATURE STRENGTH

Tolochyn O. I., Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Scientific Researcher, Tolochyna O. V., Candidate of Technical Sciences (PhD), Evych Ya. I., Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Scientific Researcher, Okyn I. Yu.

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv 03142, Ukraine

Humanity has continuously increased its energy consumption at every stage of evolution. Further technological development of power-generating systems is associated with improving their efficiency and capacity. Thermal power generation is advancing through the widespread adoption of efficient and environmentally friendly coal energy technologies, such as ultra-supercritical steam power units, combined-cycle units with in-cycle coal and biomass gasification, circulating fluidized bed boilers, and the extensive use of cogeneration technologies. These include decentralized generation based on unconventional and renewable energy sources, as well as local fuels. The fourth generation of nuclear energy is only beginning and represents a departure from earlier designs, aiming to create entirely new reactor concepts and possibly even use alternative nuclear fuels rather than gradual improvements. Achieving these ambitious goals in developing new-generation power generators, reactors, engines, and other energy sources requires significantly raising the operating temperature in the energy source zone to 700–1000 °C. Iron aluminide-based alloys can help solve a key issue in energy technology by replacing heavy and costly stainless steels with creep-resistant and lightweight materials. The intensified operating conditions of components in power-generating systems that function under extreme conditions have made it necessary to further enhance heat resistance to levels comparable with that of high-performance stainless steels, the best of which maintain satisfactory strength and increased creep resistance up to 700–750 °C. This fundamental shift in performance requirements has led to a change in the strategy for improving the structure of iron aluminides and the development of innovative manufacturing processes. Due to the instability of the ordered D0₃ intermetallic phase at operating temperatures above its phase equilibrium, the use of the less ordered but more stable A2 phase has proven effective. In this case, improved mechanical properties are achieved through optimized thermomechanical processing aimed at minimizing the size of structural elements (grains and second-phase particles), which was implemented using our proposed Direct Powder Forging (DPF) technology for plastic iron and aluminum powders [1, 2]. The increase in low-temperature strength and strain hardening is achieved by dispersing the structure of the initial powders and semi-finished products at various technological stages of final product formation.

Two powder mixtures of the Fe–28 at.% Al alloy were prepared using iron powder grade PZhR-3 and aluminum powder grade PA-4. Mixing was carried out in a 3D mixer and planetary

mill. From these unmilled (isotropic structure) and milled (anisotropic structure) mixtures, cylindrical samples with a diameter of 36 mm and a height of 15 mm were compacted at room temperature under a pressure of 250 MPa. The compacted samples were sealed in steel containers that served both as a compression mold and as oxidation protection. These containers with samples were placed into furnaces heated to 800 and 1100 °C and held for 20 minutes in an argon atmosphere, followed by hot deformation. Densification using the Direct Powder Forging (DPF) scheme was performed in a semi-closed die on an FA-1732 electrohydraulic press with a maximum load of 1600 kN. After forging, the samples were divided into two parts. One part was studied immediately after deformation. The other part underwent additional annealing at 1300 °C for 60 minutes in a vacuum.

After thermomechanical processing, samples produced from milled powders exhibit improved densification capability, reduced effective grain size, and a characteristic lamellar microstructure that hinders crack propagation. The optimal temperature for hot forging was determined to be 1100 °C, at which nearly full density is achieved and the effective grain size decreases to 5–10 µm.

Additional annealing at 1350 °C promotes the cleaning of interparticle boundaries from impurity segregations and leads to the formation of fine oxide particles that contribute to dispersion strengthening. As a result of such processing, the low-temperature strength and fracture toughness of milled powder samples are approximately 30% higher than those made from unmilled powders. The strength at room temperature reaches about $\sigma \sim 1200$ MPa, and the fracture toughness is $K_{IC} = 30 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$. Notably, even along the direction of the elongated lamellar structures, no significant delamination occurs — fracture toughness in that direction decreases only slightly to $K_{IC} = 22 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Samples produced via DPF technologies from milled powders show enhanced high-temperature properties. Compression tests in the 20–700 °C temperature range revealed an increase in yield strength at all temperatures. For example, at 700 °C, the yield strength ($\sigma_{0.2}$) of milled powder samples reaches 259 MPa, which is higher than that of unmilled ones. This high-temperature strengthening is attributed to grain size refinement and the interaction between second-phase particles and dislocations. This interaction results in a flow stress asymmetry between tension and compression. TEM investigations of the tensile-tested samples reveal the formation of voids near large second-phase particles ($d > 0.5 \text{ µm}$). In this case, the SD effect is measured at 100 MPa.

The improved high-temperature strengthening of milled powder samples also positively affects creep resistance. At 650 °C and under a load of 120 MPa, the steady-state creep rate in milled powder samples is approximately two times lower than in unmilled ones and four times lower than in sintered samples of the same composition.

Acknowledgments

The work was supported by the National Research Foundation of Ukraine (project no. 2021.01/0278 “Development of scientific and technological bases for the creation of new materials based on Fe-Al intermetallics with increased resistance and heat resistance to ensure efficient operation and environmental safety in the nodes of energy and transport engineering”).

Reference

1. 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.
2. 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.

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ

Невмирич З. Д., студентка групи ХТ-22д, Золотарьова О. В., к.пед.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Кальцинована сода (карбонат натрію, Na_2CO_3) є стратегічно важливою хімічною сировиною, що використовується у виробництві скла, мийних засобів, паперу, кольорової металургії, в хімічному синтезі та багатьох інших галузях. Щорічно світове виробництво кальцинованої соди перевищує 60 мільйонів тонн, а стабільний попит зумовлює необхідність підвищення ефективності її отримання. У сучасних умовах зростання цін на енергоносії, жорсткішого екологічного регулювання та глобальної конкуренції, особливої актуальності набуває порівняльний аналіз економічної доцільності різних технологій її виробництва.

Основними промисловими методами отримання кальцинованої соди є:

1. Аміачний спосіб (метод Сольве) — традиційна технологія, яка займає понад 70% світового виробництва. Переваги — доступність сировини (NaCl , CaCO_3 , NH_3), відносно низька вартість при масштабному виробництві, висока продуктивність. Недоліки — значні енерговитрати, утворення великої кількості побічних продуктів (CaCl_2 -шлам), потреба в складній системі рекуперації аміаку. Економічна ефективність залежить від цін на паливо, логістику та системи переробки відходів.

2. Видобуток природної соди (трони) — більш екологічний і дешевший метод, що базується на фізико-хімічній обробці природної руди. Його економічна перевага полягає у відсутності складного синтезу та меншому енергоспоживанні. Собівартість може бути вдвічі нижчою, ніж при методі Сольве. Основне обмеження — географічна доступність родовищ (США, Туреччина), що робить цю технологію регіональною і менш придатною для глобального впровадження.

3. Електрохімічні та альтернативні методи — досі залишаються переважно на стадії досліджень або застосовуються локально. Вони мають потенціал до зниження екологічного навантаження, але характеризуються високими капітальними витратами, дорогим обладнанням і високою собівартістю через електроенергоємність.

Ключовими економічними показниками, які визначають доцільність впровадження того чи іншого методу, є собівартість продукції, витрати на сировину та енергію, амортизаційні та експлуатаційні витрати, витрати на охорону довкілля та утилізацію відходів, залежність від цінових коливань на ринках ресурсів, а також географічні та логістичні чинники. В умовах глобалізації та переходу до «зеленої» економіки важливими залишаються також екологічні вимоги, які безпосередньо впливають на фінансову стійкість і конкурентоспроможність підприємств.

Зіставлення методів виробництва кальцинованої соди свідчить про необхідність раціонального підходу до вибору технології з урахуванням регіональних умов, доступності сировини, вимог до екологічної безпеки та економічної ефективності. Хоча метод Сольве залишається домінуючим у світовому виробництві завдяки відпрацьованим схемам і масштабам, видобуток природної соди демонструє високий потенціал для зниження витрат і негативного впливу на довкілля. Подальший розвиток галузі пов'язаний із модернізацією технологій, впровадженням енергоефективних рішень та пошуком оптимального балансу між економічною вигодою та екологічною відповідальністю.

ОБҐРУНТУВАННЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ КРИТЕРІЇВ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ

Харківський А. В., Тарасов В. Ю., д.т.н., проф.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Актуальність теми. Однією з найгостріших проблем вуглевидобувної галузі є накопичення значних обсягів гірничих відходів, які утворюють зовнішні відвали. Вони призводять до деградації ландшафтів, змін гідрогеологічних умов та забруднення довкілля. Ефективна рекультивация цих техногенних об'єктів потребує чіткого наукового обґрунтування гірничо-геологічних критеріїв, що визначають напрямки та методи їхнього подальшого використання.

Мета дослідження. Розробка та обґрунтування комплексу гірничо-геологічних критеріїв, які дозволяють оптимізувати процес рекультивации зовнішніх відвалів вугільних родовищ з урахуванням екологічної безпеки, технічної придатності та соціально-економічної доцільності.

Основні завдання:

1. Класифікація зовнішніх відвалів за гірничо-геологічними умовами та морфологічними ознаками;
2. Аналіз впливу фізико-механічних властивостей порід на стабільність відвалів;
3. Визначення критичних параметрів схилів і тіла відвалу з точки зору геотехнічної безпеки, також з використанням сучасних безпілотних систем літального та наземного типу.
4. Розробка рекомендацій щодо технічної та біологічної рекультивации на основі визначених критеріїв, а також аналіз впливу бойових дій на зовнішні відвали.

Наукова новизна. Запропоновано інтегрований підхід до оцінки рекультивацийної придатності зовнішніх відвалів, що базується на комплексному врахуванні гірничо-геологічних, геомеханічних та екологічних чинників.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані в проєктних організаціях, підприємствах вугільної промисловості та органах державного управління для формування стратегії рекультивации порушених земель.

Висновки. Системний і комплексний підхід до оцінювання рекультивацийного потенціалу зовнішніх відвалів дає можливість оптимізувати рішення щодо вибору придатних територій для повторного використання і відновлення ландшафтів.

МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ

Голобородько В. С., Лифар В. О., д.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Енцефалограма містить зашифровану інформацію про мозкову активність людини, що відображає реакцію на зовнішні впливи. Аналіз цих даних ускладнений через складність фізичних явищ та їх взаємозв'язок. Проте існують припущення, що інтелектуальний аналіз множин енцефалограм може допомогти виявити закономірності між електромагнітною активністю мозку та зовнішніми факторами.

Розпізнавання енцефалограм за допомогою машинного аналізу є новим міждисциплінарним напрямом, що об'єднує методи штучного інтелекту, електронної інженерії, медичних досліджень і психології. Це сприяє розробці ментального інтерфейсу користувача для взаємодії між людиною та машиною у межах інформаційних систем [1, 2].

Однією з ключових гіпотез є те, що енцефалограма містить закодовану інформацію про унікальні нейрофізіологічні характеристики людини. Для її підтвердження використовується кластерний аналіз багатовимірних даних, що дозволяє не лише

класифікувати ритми мозкової активності, а й визначати взаємозв'язки між станами випробуваного та типовими патернами електромагнітної реакції мозку [3].

Експеримент проводився за допомогою 24-канального енцефалографа із залученням двох випробуваних. Записи виконувалися у стані спокою, без зовнішніх подразників і рухів. Для кожного випробуваного було записано 50 енцефалограм тривалістю по 4 секунди. Дані поділялися на серії по 10 записів, причому кожна нова серія реєструвалася після повторного монтажу EEG-шапки.

Power	Frequency		Dispersion	
	δ	θ	α	β
Fp1-AA	228.1...	92.304	76.357	77.256
Fpz-AA	187.5...	118.4...	113.2...	185.3...
Fp2-AA	176.7...	89.685	80.217	106.1...
F7-AA	102.5...	39.600	39.405	27.940
F3-AA	463.1...	105.7...	158.0...	319.1...
Fz-AA	8.003	9.337	37.409	45.133
F4-AA	175.0...	91.194	99.723	119.9...
F8-AA	78.049	49.136	45.529	85.825
T3-AA	8.915	7.348	15.113	33.143
C3-AA	132.6...	58.847	82.559	93.067
Cz-AA	144.0...	85.138	75.699	54.772
C4-AA	164.0...	93.802	104.8...	183.5...
T4-AA	176.1...	84.211	57.971	94.325
T5-AA	67.258	17.719	12.250	13.342
P3-AA	47.082	30.063	24.481	55.458
Pz-AA	14.763	11.014	33.486	12.005
P4-AA	128.9...	65.674	52.803	65.206
T6-AA	33.378	15.778	28.499	94.783
O1-AA	177.0...	117.1...	97.867	172.7...
Oz-AA	151.8...	81.803	66.117	74.383
O2-AA	9.268	28.024	25.803	33.293

Рисунок 1. Таблиця потужності, таблиця частот енцефалограм у стані спокою. Отримана таблиця барицентра та середніх статистичних даних за потужністю та частотами зберігаються у файлах Excel.

Після створення кластерів сигнатур амплітуд, потужностей і частот проводиться перевірка точності класифікації для двох випробуваних. Результати показують, що контрольна енцефалограма випробуваного А відхиляється від його барицентра амплітуд на 49%, а від барицентра V на 218%, що підтверджує правильну класифікацію. Аналогічно, енцефалограма випробуваного V відхиляється від барицентра А на 54%, що також свідчить про коректне розпізнавання особи.

WRITEEXCEL(TABL, "C:\tmp\TABL.xlsx") =	0	"Andre"	"Vlad"
	"% відх BC A"	49.497	218.481
	"% відх BC V"	54.891	77.923
	"% відх SP A"	1.844	45.026
	"% відх SP V"	43.182	7.143×10^{-5}
	"% відх SF A"	0.242	1.21
	"% відх SF V"	0.55	0.418

Рисунок 2. Точність класифікації для двох випробуваних

Додатково аналізувалися сигнатури потужності та частот. Відхилення сигнатури потужності випробуваного А від власного барицентра становить 1.844%, а від V – 45.026%, що підтверджує коректне розпізнавання. Для сигнатури частот відхилення А від власного барицентра становить 0.242%, а від V – 1.21%. Аналогічно, відхилення V від А становить 0.55%, а від власного барицентра – 0.418%. Ці результати підтверджують ефективність методу для ідентифікації особистості випробуваних.

Статистичні випробування підтверджують, що енцефалограма містить інформацію про індивідуальні особливості випробуваного. Розроблений метод інтелектуального аналізу дозволяє ідентифікувати особу за характеристиками її мозкової активності. Зібрані дані також свідчать про можливість розпізнавання емоційних станів та особливостей абстрактного мислення випробуваних. Подальші дослідження будуть зосереджені на виокремленні цих аспектів на основі статистичних методів, що вже продемонстровані.

Література

1. Dunne, R., Morris, T., & Harper, S. (2021). A survey of ambient intelligence. *ACM Computing Surveys*, 54 (4), 1–27. <https://doi.org/10.1145/3447242>.
2. Li, X., Zhang, Y., Tiwari, P., Song, D., Hu, B., Yang, M. & Martinen, P. (2022). EEG based emotion recognition: A tutorial and review. *ACM Computing Surveys*, 55 (4), 1-57.
3. Lotte, F., Bougrain, L., Cichocki, A., Clerc, M., Congedo, M., Rakotomamonjy, A., & Yger, F. (2018). A review of classification algorithms for EEG-based brain–computer interfaces: A 10 Year update. *Journal of Neural Engineering*, 15 (3), 031005. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aab2f2>.
4. Bouallegue G., & Djemal R. EEG person identification using facenet, LSTM-RNN and SVM // 2020 17th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), c. 22–28.

PROTECTION OF ELECTRICAL NETWORKS FROM OVERVOLTAGE: METHODS AND MEANS

Filimonenko K.V., PhD in Technical Science, Assoc. prof.,

Varava Mykyta, student of gr. EE-21db

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Purpose of work. Overvoltage is an abnormal operating condition in electrical networks characterized by an excessive increase in voltage beyond the permissible limits for a specific section of the electrical system, posing a hazard to the equipment elements within that section. The purpose of the work is to consider methods and means of protecting networks from overvoltages in order to ensure their stable operation.

The insulation of electrical installation equipment is designed to operate normally at specified voltage levels. In the event of overvoltage, the insulation becomes compromised, leading to equipment damage and posing a risk to maintenance personnel or individuals in close proximity to the electrical network components.

Over-voltages can be classified into two types: natural (external) and switching (internal). Natural over-voltages are caused by atmospheric electrical phenomena. Switching over-voltages occur directly within the electrical networks and may result from large load fluctuations on power lines, ferroresonance phenomena, or post-fault operating modes of electrical systems.

Overvoltage protection methods. To protect equipment from potential over-voltages in electrical installations, protective devices such as surge arresters and nonlinear surge protection devices (NSPD) are used. The core component of these protective devices is a nonlinear element. A distinctive feature of these elements is their ability to change resistance depending on the applied voltage level.

The arrester or surge arrester is connected to the operating voltage bus and to the grounding circuit of the electrical installation. In normal mode, that is, when the network voltage is within the permissible values, the arrester has a very high resistance, and it does not conduct electric current. In the event of overvoltage in a section of the electrical network, the resistance of the arrester drops sharply, and this protective element conducts electric current, facilitating the leakage of the resulting voltage surge into the grounding circuit. That is, at the moment of overvoltage, the arrester makes an electrical connection of the wire to the ground.

A surge arrester or NSPD is connected between the working voltage bus and the grounding system of the electrical installation. Under normal conditions – when the network voltage remains within permissible limits – the arrester has very high resistance and does not conduct current.

If an overvoltage occurs in the electrical network, the resistance of the arrester (NSPD) drops sharply, allowing it to conduct and divert the overvoltage spike to the ground. In essence, during an overvoltage event, the arrester (NSPD) establishes an electrical connection between the conductor and the earth.

Surge arresters and NSPDs are installed to protect equipment elements at distribution facilities, as well as at the beginning and end of 6 kV and 10 kV power transmission lines that are not equipped with a lightning protection wire. To protect against natural over-voltages, rod-type lightning arresters are installed on metal and reinforced concrete structures of open-air distribution substations.

To protect against natural over-voltages, rod-type lightning arresters are installed on metal and reinforced concrete structures of open-air distribution substations. For high-voltage lines of 35 kV and above, shield wires (overhead ground wires) are used. These are placed on top of the transmission line towers along the entire length of the line and are connected to the metallic components of the substation's open-air distribution structures. Lightning arresters attract atmospheric discharges, thereby preventing them from striking live electrical parts.

Nonlinear Surge Arrester NSPD – a device used to limit overvoltages, which is connected to the electrical network without spark gaps. Its working elements are made of highly nonlinear metal oxide resistors (varistors).

The main drawback of valve-type arresters is related to the relatively low nonlinearity of silicon carbide-based resistors. The use of zinc oxide-based resistors, which have significantly higher nonlinearity than silicon carbide-based ones, enabled the development of nonlinear surge arresters. The advantages of NSA include the ability to deeply limit overvoltages, including interphase overvoltages, compact dimensions that allow their use as support insulating columns, and high discharge capacity.

The level of switching overvoltage limitation with NSPD is $(1.65\text{--}1.8) U_f$. The level of lightning overvoltage limitation is $(2.2\text{--}2.4) U_f$ in 110 kV networks and decreases to $2 U_f$ for 750 kV transmission lines.

To ensure reliable protection of electrical equipment from potential over-voltages, surge arresters and SPDs, like all other equipment, must undergo periodic maintenance and testing. Additionally, the grounding systems of distribution facilities must be periodically checked for resistance and technical condition according to established schedules.

Over-voltages in low-voltage networks. Overvoltage phenomena also occur in low-voltage networks rated at 220/380 V. Over-voltages in such networks can lead to failure not only of the network equipment but also of the electrical appliances connected to the system.

To protect household wiring from over-voltages, devices such as voltage relays, voltage stabilizers, and uninterruptible power supplies with built-in protection functions are used. There is also modular surge protection devices specifically designed for installation in home distribution panels.

In low-voltage distribution systems of enterprises, electrical installations, and power lines, special surge protection devices are used. These operate similarly to high-voltage NSPDs in terms of functionality.

Conclusion. To ensure reliable protection of electrical equipment from potential overvoltages, surge arresters and SPDs, like all other equipment, must undergo periodic maintenance and testing. In addition, the grounding systems of distribution facilities must be periodically checked for resistance and technical condition according to established schedules. All this leads to the stability of the operation of electrical networks.

References

1. Shevchenko S.Y. et al. Overvoltage nonlinear: application, installation and choose: monograph. Kharkiv: Fort, 2015. 278 p.
2. Tomashevsky Y. V. et al. Distribution electrical network information system based on the Smart metering concept using standard load schedules. *Engineering Science and Technology* 3 (21) (2020): 229-241.
3. Kyryk V. V. Zakhyst povitryanykh liniy elektroperedavannya napruhoyu 35 kv vid navedenykh hrozovykh perenapruh. *Elektrotekhnika ta elektroenerhetyka*. 2018. № 1. - S. 81-92. – Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2018_1_11

ENSURING ELECTRICAL SAFETY AND RELIABILITY OF 0.4 kV OVERHEAD LINES DURING OVERVOLTAGES

Filimonenko K.V., PhD in Technical Science, Assoc. prof.
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Purpose of work. Guidelines for the definition, design, and application of 0.4 kV overhead power lines. Overvoltage protection purpose, operating principle, and characteristics of surge arresters. Requirements for selection of equipment, protection devices and cables.

In low-voltage distribution networks, impulse overvoltages frequently occur, often resulting in significant equipment damage or failure. Therefore, the use of surge protective devices (SPD) is considered technically justified.

A surge arrester typically consists of two electrodes and an arc-extinguishing device. One of the key requirements for surge arresters is to ensure dielectric withstand capability under power-frequency voltage. The main types of surge arresters include: tubular, valve-type, magneto-valve, nonlinear metal-oxide arresters, rod-gap spark arresters, and long-spark gaps.

Protection of 0.4 kV overhead lines against overvoltage using metal-oxide surge arresters (MOA) enables a unified system and concept for overvoltage protection along the line.

Nonlinear MOA are designed to protect electrical equipment from both switching and lightning-induced overvoltages. Structurally, an MOA consists of a highly nonlinear resistance element enclosed in a mechanically robust and hermetically sealed housing.

During an overvoltage event, the resistance of the metal-oxide varistors changes by several orders of magnitude, allowing a significant increase in current through the arrester. This sharp decrease in impedance under surge conditions is the core principle of MOA operation.

MOAs are employed for the protection of substation equipment, underground cable systems, overhead transmission lines, and other critical power infrastructure. The core component of the MOA is a metal-oxide varistor (MOV), typically based on zinc oxide (ZnO). These varistors form a complex structure of serially and parallel-connected p-n junctions, which provide their nonlinear voltage-current behavior.

MOV are manufactured as cylindrical discs. In the manufacturing of MOA, a defined number of MOV elements are connected in series to form a column. A surge arrester may consist of a single column or several columns connected in a series-parallel configuration, depending on voltage and energy requirements.

The protective performance of an MOA is defined by the varistor's voltage-current (V-I) characteristic, which is influenced by numerous factors, including: manufacturing technology, waveform and polarity of the applied voltage (AC or DC), frequency, impulse current parameters, operating temperature, and others.

The V-I characteristic of a varistor typically includes three regions: the low-current region (leakage current), the intermediate region (protective operation), and the high-current region (discharge behavior).

To specify the arrester design and configuration in procurement and internal documentation, the designation structure in accordance with DSTU EN 60099-4:2016 is used.

For 0.4 kV overhead distribution lines, the type ОПН-0,38УХЛ1,2 is typically applied. It is designed to protect the insulation of AC electrical equipment with a nominal system voltage of 0.38 kV and frequency of 50 Hz. These arresters are suitable for outdoor operation under moderately cold climate conditions and industrial atmospheric exposure.

Design Principles of 0.4 kV Primary Distribution Schemes.

The development of 0.4 kV primary distribution schemes is governed by:

- the technological process requirements,
- reliability criteria for supplying power to end-users,
- ease of maintenance and operational accessibility,
- economic and technical performance indicators,
- as well as protection and automation requirements.

Distribution systems may be implemented using radial, bus-type (trunk), or mixed topologies.

In critical or essential power installations, the network is often divided into two independent subsystems to ensure supply reliability. Each subsystem includes:

- an individual step-down transformer powered from an independent high-voltage source,
- a dedicated section of the main 0.4 kV switchboard,
- and associated secondary distribution assemblies.

Electric motors are also grouped accordingly and connected to separate subsystems (i.e., to different sections of the 0.4 kV switchboard), ensuring redundancy and fault tolerance.

The configuration of the 0.4 kV distribution network is strongly influenced by calculated short-circuit current levels, which directly impact the selection of protective devices and switching equipment. The limited breaking and protection capacity of low-voltage protective devices – such as molded case circuit breakers and fuses – must be considered.

Unlike medium-voltage systems (above 1 kV), low-voltage 0.4 kV networks predominantly use integral overcurrent protection (thermal-magnetic tripping mechanisms) or replaceable fuse links, which typically offer lower sensitivity and selectivity.

Conclusion. Cable selection is based not only on load current but also on protection coordination. In systems where overload or short-circuit protection is required, cable sizing may be adjusted to ensure correct operation of protective devices. This may include oversizing conductors to increase short-circuit currents and improve protection sensitivity, particularly in long radial feeders.

References

1. N. A. Atawi, Mohammad Kanan Reliability Centred Maintenance Implementation For Overhead Transmission Lines In Al-Madinah Region. INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 9, ISSUE 02, FEBRUARY 2020

2. DBN V.2.5-16-99 Inzhenerne obladnannya zovnishnikh merezh. Vyznachennya rozmiriv zemel'nykh dilyanok dlya ob'yektiv elektrychnykh merezh. Access mode: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074916889835603006?doc_type=2

3. NPAOP 10.0-5.30-04: Instruktsiya z vyznachennya strumiv korotkoho zamykannya, vyboru i perevirky ustavok maksimal'noho strumovoho zakhystu v merezhakh napruhoi do 1200 V. Access mode: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=46833

SOME TECHNICAL SOLUTIONS TO INCREASE THE RELIABILITY OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Filimonenko N.M., PhD in Technical Science, Assoc. prof.,
Pavlov Mykyta, student of gr. EE-21da
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Problem Statement. The article examines the importance of optimizing technical solutions to enhance the reliability of electrical equipment in the context of modern realities in the power industry. It discusses key approaches and methods that contribute to improved reliability, such as the use of advanced technologies and materials, diagnostic and condition monitoring systems, personnel training, as well as the testing of new methodologies and standardization.

In today's environment of high technology and rapid development of the power sector, the reliability of electrical equipment has become one of the key factors determining the efficiency and safety of energy systems. Optimizing technical solutions in this field is a pressing task for specialists and engineers. This article explores the main approaches and methods that contribute to improving the reliability of electrical equipment.

With the advancement of technologies in the energy sector, there has been a significant increase in the potential for optimizing equipment performance. The introduction of cutting-edge materials, microprocessor technologies, and sensors has enhanced the precision and responsiveness of systems to changes in the working environment. For instance, the use of high-quality insulating materials and components resistant to harsh operating conditions significantly extends the service life of the equipment.

One of the ways to enhance the reliability of electrical equipment is through regular monitoring and diagnostics of its condition. Modern diagnostic systems enable real-time data acquisition on the state of key components. This is achieved using various sensors and automation systems that can detect abnormal operating modes and potential failures before they occur. The application of Internet-based technologies opens new horizons for remote monitoring and control of electrical equipment.

The human factor plays a significant role in the operation of electrical equipment. Therefore, improving the qualifications of maintenance personnel is a vital aspect of optimization. Regular training and educating staff on new technologies and work methods can significantly reduce the likelihood of errors that may lead to breakdowns and accidents. Establishing a knowledge management system within a company ensures access to up-to-date information and best practices.

To improve the reliability of electrical equipment, it is essential to continuously seek and implement new approaches to its operation. For example, the methodology of predictive maintenance involves using mathematical models and data analysis to forecast potential failures. This not only reduces risks but also optimizes maintenance and repair costs.

The introduction of international standards and the certification of electrical equipment contribute to its reliability. Standards define minimum requirements for quality and safety, as well as provide best practices in design and operation. The certification process helps identify shortcomings at early stages and improve equipment characteristics.

A comprehensive approach to optimization includes both technical and organizational aspects. Synergy among different company departments, such as design, production, and operation, allows for a broader perspective and more informed decision-making. Constant communication between engineers and operational personnel helps identify issues and develop solutions at early stages.

Conclusion.

Optimizing technical solutions to improve the reliability of electrical equipment is a multifaceted task that requires a systematic approach and continuous improvement. Modern technologies, condition monitoring, staff qualification, and standardization are essential components of this process. Implementing the proposed principles and approaches will not only increase the reliability of electrical equipment but also reduce operating and maintenance costs, ultimately leading to greater overall efficiency of the energy system.

References

1. Shevchenko S.Y. et al. Overvoltage nonlinear: application, installation and choose: monograph. Kharkiv: Fort, 2015. 278 p.
2. Zenkner H. (Nov. 7, 2024) Design of a single pair Ethernet system with power over Data lines. Reference design RD041W Würth Elektronik Access mode: https://www.wer-online.com/files/pdf1/rd041b_design-of-a-single-pair-ethernet-system-with-power-over-data-lines-spoe-v1.pdf

TECHNOLOGICAL, ECONOMIC EFFICIENCY AND SAFETY OF INDUSTRIAL ENTERPRISE OPERATION IN RELATION TO MOTOR LOAD STABILITY

Filimonenko N.M., PhD in Technical Science, Assoc. prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Problem Statement. Traditional numerical methods struggle with the stiff, nonlinear, high-order differential equations of power system models. Full-scale experiments and physical modeling are impractical, leading to incomplete and unreliable results.

The technological and economic efficiency—and often the safety—of most industrial enterprises largely depends on the stable operation of motor loads, primarily synchronous (SM) and asynchronous (IM) motors. The most probable causes of SM and IM instability are short-term voltage sags or complete voltage losses, which are typically, associated with various short circuits (SCs) and the operation of relay protection and automation systems (RPA). These events often lead to motor braking, successful or unsuccessful self-starts, or disconnections. Therefore, reliable all-mode analysis of these processes and the stability conditions of SM and IM operation within motor load nodes of power supply systems (PSS) is an urgent and critical task.

Due to the inadmissibility of full-scale experiments and the impracticality of comprehensive physical modeling, the only feasible way to obtain sufficiently complete and reliable information about these processes is predominantly through mathematical modeling. However, the mathematical model required for motor load and PSS within the power system (PS) as a whole always involves a stiff, nonlinear system of high-order differential equations. These are poorly suited for conventional numerical integration methods according to the theory of discretization techniques for ordinary differential equations and thus cannot be solved satisfactorily.

To improve the conditioning of such models, it is necessary to reduce stiffness, nonlinearity, and the differential order, as well as to limit the solution interval. This can only be achieved through process decomposition, significant simplification of mathematical models of the equipment, PSS, and PS as a whole, and a limitation on the reproduction interval of the processes. As a result of these simplifications and restrictions – along with the inherent unknown methodological error of numerical integration – there arises a problem of completeness and reliability of such modeling.

Since all modern software-based computational systems (SCCS) for analyzing modes and processes in PS inherit this problem, the currently dominant purely numerical approach proves fundamentally inadequate. A viable alternative is a comprehensive approach, which allows for the development and application of the most effective methods and tools for each aspect of this complex problem—ensuring successful resolution of the problem as a whole.

In accordance with the comprehensive approach and analysis of all relevant aspects, a concept for reliable all-mode real-time modeling over an unlimited time interval of the continuous spectrum of normal and abnormal quasi-steady and transient processes in SM, IM, PSS, and PS as a whole has been developed, consisting of the following principles:

1. To ensure adequate stability analysis of motor load nodes and the conditions for their sustainability, all-mode dynamic non-decomposed mathematical models are synthesized and applied. These models provide sufficiently complete and reliable descriptions of the entire continuous spectrum of normal and abnormal quasi-steady and transient processes in SM, IM, automatic control systems (ACS), driven mechanisms (DM), and in the PSS and PS as a whole.

2. Guaranteed accuracy in solving the system of differential equations of the synthesized models is achieved by using a methodologically exact, continuous, implicit parallel integration method in real time over an unlimited time interval.

3. For accurate simulation of switching processes, including various naturally combined SCs, equipment modeling, and unrestricted model expansion of the PSS and PS, the voltages obtained during the solution are converted into corresponding model-based physical input/output current variables and nodes of the simulated three-phase PSS/PS circuits. All the aforementioned switching events are then carried out at the model physical level.

4. Remote interactive and automatic—including functional—control over the parameters of the simulated equipment, as well as the implementation of modern, efficient information-control capabilities and information transformation, is performed through the use of analog-to-digital and digital-to-analog converters (ADC and DAC).

5. The described method is implemented by developing and using corresponding parallel digital-analog structures, forming specialized hybrid coprocessors (HC) for the simulated equipment. Together with the realization of principle 3—performed by voltage-current converters (VCC), voltage repeaters (VR), and digitally controlled longitudinal-transverse switches (LTS) considering transient resistances $R_{PA}, R_{PB}, R_{PC}, R_{PZ}, R_{\{PA\}}, R_{\{PB\}}, R_{\{PC\}}, R_{\{PZ\}}$ —and principle 4—realized via ADC processors, functionally oriented peripheral processors, and a central processor (CPU)—these components form a microprocessor node (MPN), generating universal specialized processors (SP) for each type of simulated equipment.

6. To implement system-level information and control capabilities and facilitate interaction with external software tools, a dedicated information-control system is developed and applied. It consists of the SP's MPN, a server, and the necessary software, interconnected via a local computer network (LCN).

7. High modern information-control and metrological performance is achieved by employing the latest advances in integrated microelectronics, microprocessor technology, and IT technologies.

Conclusion.

To ensure adequate analysis of the stability of motor load nodes and the conditions for maintaining that stability, all-mode dynamic non-decomposed mathematical models are synthesized and applied. These models reliably and comprehensively describe the full continuous spectrum of normal and abnormal quasi-steady and transient processes in SM, IM, ACS, driven mechanisms, and in the PSS and PS as a whole.

References

1. Assefa, Beakal Gizachew, and Öznur Özkasap. "A survey of energy efficiency in SDN: Software-based methods and optimization models." *Journal of Network and Computer Applications* 137 (2019): 127-143.
2. Vasylets S. V., Vasylets K. S. *Tekhnika vysokykh napruh: navchal'nyy posibnyk* [Elektronne vydannya]. – Rivne: NUVHP, 2018. – 187 s.

3. Naji Sareh, et al. "Estimating building energy consumption using extreme learning machine method." *Energy* 97 (2016): 506-516.

ЗАСТОСУВАННЯ ФІНІШНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ВІЛЬНИМИ АБРАЗИВАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Романченко О.В., к.т.н., доц., Шумкова Т.О., к.т.н., доц., Ніколаєнко А.П., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Мета роботи – розробка рекомендацій щодо вибору раціональних параметрів вібраційної обробки, що забезпечують одночасну ефективну обробку групи роторних листів асинхронного електродвигуна рухомого складу залізничних доріг.

Аналіз сучасних напрямів розвитку технології машинобудування показує виняткову важливість фінішних операцій, оскільки саме на цьому етапі формується якість поверхні та зовнішній вигляд виробів. Фінішна обробка, яка виконується після механічної та термічної обробки, як правило, викликає низку складнощів, причини яких можуть бути обумовлені, з одного боку, широкою номенклатурою оброблюваних деталей, а з іншого – вибором методу обробки. Деталі можуть мати різні параметри маси і габаритів, мати складну геометричну форму. Методи обробки також вносять обмеження, наприклад, розміри деталі можуть не дозволяти здійснити обробку або технологічні можливості обладнання не дозволяють досягти необхідної продуктивності процесу за кількісними чи якісними показниками.

Проблеми, що виникають при обробці деталей, є типовими як для підприємств, що виробляють нову продукцію, так і для підприємств з ремонту та модернізації існуючих виробів.

Сучасний стан залізничного комплексу України характеризується значним зносом і старінням основних фондів. Однією з основних складових роботи залізниць України є рухомий склад, на який припадає більша частина експлуатаційних витрат. На сьогодні більше 90% рухомого складу вичерпало свій запланований експлуатаційний ресурс і потребує капітального ремонту з одночасною модернізацією. Ця проблема вимагає від підприємств з ремонту та обслуговування рухомого складу виготовлення та заміни величезної кількості деталей і виробів. За даною тематикою постійно проводяться різні дослідження, так, у роботах [1] проведено аналіз видів пошкоджень обмоток і магнітопроводів тягових електродвигунів електровозів у процесі їх експлуатації. Показано, що одним з факторів, які впливають на надійність двигунів, є якість фінішної обробки магнітопроводів роторних обмоток.

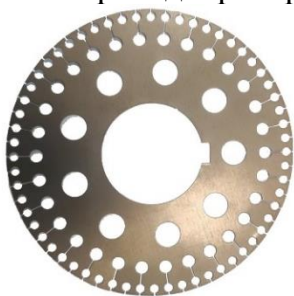


Рис. 1.
Зовнішній вигляд деталі «Лист роторний»

Зокрема, великі навантаження та, відповідно, знос призводять до необхідності повної заміни або капітального ремонту електродвигунів. При виготовленні роторних листів для наведеного електродвигуна виникає проблема очищення, видалення задирок і округлення гострих кромek, що в свою чергу потребує застосування фінішних операцій. Зовнішній вид деталі наведено на рисунку 1.

Для отримання необхідних параметрів деталі запропоновано застосувати метод обробки вільними абразивами у коливному контейнері. Такий метод обробки дозволяє одночасно обробляти велику кількість деталей. Процес відбувається з використанням різних хімічних розчинів.

Сутність процесу вібраційної обробки полягає в тому, що в «У» – подібний резервуар (контейнер) завантажують робоче середовище, оброблювані деталі та інтенсифікуючи хімічні реактиви. В результаті відносного переміщення і взаємного тиску гранул середовища і оброблюваних деталей відбуваються процеси мікрорізання і пружно деформування, що

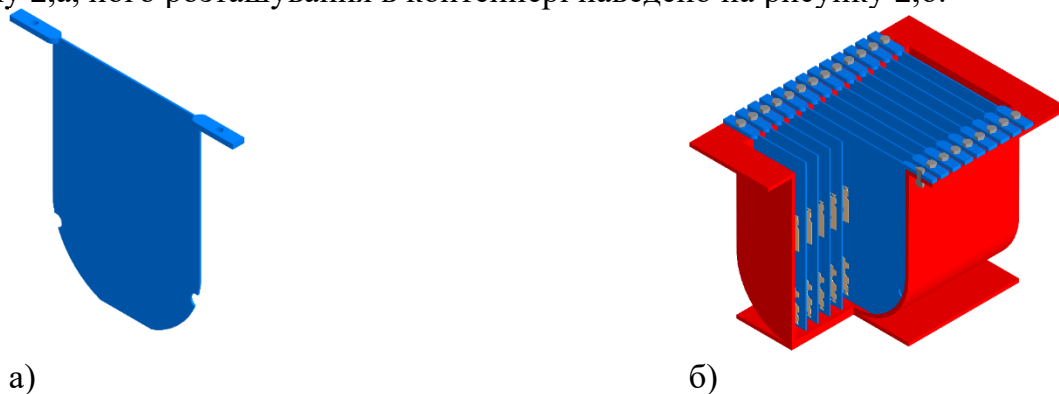
забезпечує видалення дефектного шару металу, а також зменшення шорсткості поверхні деталей [2].

Для запропонованого методу обробки розроблені рекомендації щодо вибору параметрів технологічного процесу.

Оскільки технологічний процес обробки деталі «Лист роторний» не потребує покращення якості поверхні, то режими обробки, а саме амплітуда та частота коливань, можуть бути обрані з стандартних параметрів відомого обладнання. Для очищення, видалення задирок і скруглення гострих країв початкові значення повинні становити не менше 0,2 мм для амплітуди та не менше 50 Гц для частоти коливань.

Високу продуктивність процесу забезпечать гранули з корунду у формі тригранної скошеної призми. Довжина і висота гранул складають відповідно 8 мм і 2 мм. Інший варіант – гранули з корунду у формі циліндрів, діаметр циліндра 2 мм, довжина 5-8 мм.

Метод обробки вільними абразивами дозволяє обробляти плоскі деталі з тонкого листового металу «внавал», тобто деталі завантажуються в контейнер без закріплення, як і абразивний інструмент. Однак при такому способі одночасного завантаження великої кількості деталей існує ймовірність злипання деталей, Рационально застосовувати спеціальні пристосування для закріплення та позиціонування деталей. Один з варіантів таких пристосувань є роздільники контейнеру. Зовнішній вид роздільника наведено на рисунку 2,а, його розташування в контейнері наведено на рисунку 2,б.



а)

б)

Рисунок 2. Зовнішній вигляд пристосування: а) роздільник; б) розташування пристосування та деталей в контейнері. одночасно оброблюваних деталей в окремих секціях

Висновки. Представлено рішення з фінішної обробки роторних листів асинхронного електродвигуна рухомого складу залізниць. Розроблено рекомендації з вибору технологічного обладнання з відповідними конструктивними параметрами та необхідними режимами обробки.

Література

1. Goolak, S., Tkachenko, V., Sapronova S., Lukoševičius, V., Keršys, R., Makaras, R., Keršys, A. & Liubarskyi, B. (2022). Synthesis of the Current Controller of the Vector Control System for Asynchronous Traction Drive of Electric Locomotives. *Energies*, 15(7): 2374. <https://doi.org/10.3390/en15072374>.

2. Shumakova, T., Nikolaenko, A. (2021). Increasing the productivity of technological processes of vibration processing of "ball bung" parts. *Visnyk of Volodymyr dahl east ukrainian national university No 1 (265)*, 201–213. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-265-1-201-213>

ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ КУРСУ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ

Ничик М. С., група АТП-22д, Гурін О. М., Цвіліхівський А. П., аспіранти кафедри КІСУ,
Карпюк Л.В., ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Мета. Основне при вивченні нарисної геометрії – це зрозуміти студентам з перших кроків навчання, що предметом дисципліни є розвиток просторової уяви та мислення геометричними образами, вивчення правил утворення їхніх зображень на площині за методом проєктування, а також вивчення графічних способів розв'язування позиційних і метричних задач. Донести, що цей метод дає змогу за креслеником відтворювати просторові образи, визначати їхнє взаємне розташування та розміри. І те, і інше необхідне для професійної діяльності інженера під час розв'язання різноманітних технічних завдань, виконання та читання креслеників, моделювання.

Викладення основного матеріалу. Під час вивчення нарисної геометрії розв'язується кілька основних навчально-інженерних завдань:

- 1) засвоєння понять нарисної геометрії та створення графічної бази даних зображень геометричних елементів;
- 2) засвоєння способів і правил побудови зображень просторових форм на площині;
- 3) розвиток навичок створення просторових образів предметів на основі логічного аналізу їхніх зображень, тобто розвиток просторового мислення;
- 4) засвоєння способів і алгоритмів графічних дій для розв'язування різноманітних практичних метричних і позиційних задач на площині;
- 5) здобуття навичок застосування методів і понять нарисної геометрії у розв'язанні задач геометричного конструювання в практиці автоматизованого виконання креслеників та інженерного комп'ютерного тривимірного моделювання.

Розв'язання перших трьох завдань потребує знання теоретичних положень нарисної геометрії й умінь виконувати розумові операції абстрагування та аналізу елементів предмета, що зображується, а також умінь за заданим креслеником створювати просторовий образ зображеного предмета, що потребує навички виконувати операції графічного аналізу зображень та графічного їхнього синтезу для створення цілісного уявлення про предмет.

Графічний аналіз геометричних елементів предмета або його заданих зображень можливий у тому випадку, якщо сформована база графічних даних про зображення окремих геометричних образів та їх взаємних положеннях, що використовуються при виконанні кресленика – точці, прямих, площинах, поверхнях тощо. Графічна база даних у пам'яті дає змогу зображати будь-які геометричні елементи та їхні всілякі комбінації, а її створення можливе тільки на основі графічних характеристик проєкцій цих елементів, які ми назвали графічними опорами.

Розв'язання четвертого навчального завдання потребує теоретичних знань, наявності графічної бази даних і достатнього рівня просторового мислення, оскільки для розв'язування будь-якої задачі нарисної геометрії необхідно попередньо виконати аналіз текстової умови та графічний аналіз заданих зображень, побудувати уявну образну модель задачі, визначивши тему задачі й графічний алгоритм її розв'язування, та виконати графічні побудови на кресленику.

Розв'язання всіх п'яти навчально-інженерних завдань у процесі навчання нарисної геометрії потребує зміни традиційної методики викладу курсу, даючи змогу активізувати та розвинути логічно-графічні властивості розуму та його можливості просторової уяви.

Основою змін, що запроваджуються, є тематична модульна структуризація матеріалу нарисної геометрії з чіткими графічними характеристиками геометричних елементів та алгоритмізацією графічних дій за завданнями кожної теми: визначення модульної структури

кожної теми нарисної геометрії; визначення графічних характеристик кожного модуля; побудова графічних алгоритмів для виконання креслеників і розв'язання типових завдань за кожною темою; розробка модульних графічних структурних схем за кожною темою (див. рисунок).



Рисунок. Зразок структурної тематичної схеми до теми «Перетворення кресленика»

Висновок. Структурні тематичні схеми, доведені до кожного студента, дозволять скоротити час на конспектування матеріалу, що викладається, і збільшити час на виконання креслеників та пояснень до них.

Структурні схеми також можна видавати студентам для самостійного ознайомлення з темою кожної наступної лекції, з метою підготовки до ефективнішого сприйняття нового матеріалу. Це, безумовно, підвищить результативність навчання.

Практика застосування цієї методики, що включає перші чотири з перерахованих пунктів, підвищує засвоєння нарисної геометрії студентами, про що свідчать володіння ними матеріалом і підхід до розв'язування екзаменаційних та залікових задач і оцінки студентів з відносно невеликою кількістю незадовільних балів. Складання модульних структурних тематичних схем є наступним кроком у розробленій методиці викладення нарисної геометрії, і ми сподіваємося, що їхнє впровадження в практику навчання, поряд з уже напрацьованими методами, дасть змогу підвищити якісний рівень засвоєння нарисної геометрії та розвитку просторового мислення, необхідних для вивчення розділів інженерної графіки, спеціальних дисциплін і в професійній діяльності.

COMPUTER GRAPHICS IN THE STUDY OF ENGINEERING GRAPHICS

Pidpuzko N.V., group ATP-22d, Gorlo D.V., postgraduate student of the KISU department,

Davidenko N.O., senior teacher, Karpiuk L.V., senior teacher

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Objective. The development of new information technologies poses the task of comprehending traditions and evaluating innovations in the development of strategies and tactics for the development of engineering education. One of the components of an engineer's competencies is the knowledge of the language of engineering culture – the language of graphics. This oldest of the world's languages is an international language of communication; it is precise, visual and concise. The visual presentation of information in any field of human knowledge is carried out by means of a graphic language.

The graphic training of technical university students has undergone a huge transformation over the past decade, and the teaching technology has changed. The educational space has been filled with new high-tech tools, graphic software, and multimedia systems.

Among the disciplines that lay the foundation for engineering education, Engineering Graphics occupies a special place. It's impossible to imagine an engineer who doesn't know the basics of image construction. In all curricula of technical and other specialties of higher education institutions, engineering graphics is included at an early stage of study, because it forms the basis of many disciplines necessary for a technical specialist.

Since the main task of engineering graphics has traditionally been to study the methods of orthogonal projection on two and three projection planes, the course was focused on the manual method of performing drawing and graphic works.

Presentation of the main material. In modern conditions, when the ideology of design is changing, three-dimensional modeling of technical objects and the subsequent automated construction of drawings are increasingly used, non-automated design methods are ineffective. Thus, university graduates must be able to work as users with graphic systems that allow them to create both drawing and design documentation and solve problems of three-dimensional geometric modeling.

This led to the introduction of a new component to graphic disciplines - computer graphics. The essence of computer graphics is to create an integrated model based on geometric modeling. Its tasks include the development of skills in working with specific graphic systems of geometric modeling; study and practical mastery of computer-aided drawing methods, methods of automated development of graphic design documentation, automated design of drawings using graphic databases.

This approach to the problem of teaching computer graphics in the course of engineering graphics exists. This is the introduction of computer graphics as the final part of the course of engineering graphics. In this approach, computer graphics is considered as a separate section devoted to the study of drawing techniques using an «electronic kulman» instead of a pencil and drawing board. At the same time, work on computers should be organized in such a way that students do not just learn a graphic package (AutoCAD, etc.), but continue to study engineering graphics, but using a different tool. It is most effective to organize the learning process in parallel, optimally combining manual and computer-aided drawing.

Ultimately, a computer in computer-aided drawing should become for a student the same tool as a pencil and ruler in manual drawing. While learning the methods and rules of drawing images with a pencil in engineering graphics, students also learn the basic techniques of computer graphics, namely: setting up the workspace, defining the drawing format, drawing primitives, editing the drawing, object snap, working with blocks, layers, text, etc. At any stage of drawing creation, the student can see a visual representation of the product, which is quite important in the learning process.

Sets of tasks for performing drawings on a computer have been developed. The basic set consists of the following tasks.

1. Flat contour.
2. The connection.
3. Construction of three views according to the three-dimensional model.
4. Building a third image from two data.
5. Sections.
6. Create a 3D model of the part.
7. Fastening connections: bolted, screwed and studded.
8. Key and spline connections.
9. Working drawings based on sketches of parts when shooting from nature.
10. Assembly drawing of the product and specification.
11. Detailing.
12. Schemes of technological principles for students of chemical specialties and kinematic schemes for students of mechanical specialties.

The first three tasks are performed in the same way as in a manual drawing – line by line, with no special features for creating projections by creating a three-dimensional model at the first stage. Later, the same tasks are performed using these features. At the same time, you can always check the correctness of the solution.

In tasks 3-5, students learn how to create a drawing. They build a third projection from two projections, perform the necessary cuts and sections. There are also tasks to transform the shape of the part, the relative position of its elements, and to finalize the design solution by modeling the internal or external contour, etc. When developing the task, we sought to optimize and algorithmize the drawing process as much as possible, using the advantages of the computer, such as the ease of moving images, providing scaling and copying, and the widespread use of auxiliary constructions.

Students are particularly interested in solving problems involving shape modeling, reading drawings with subsequent detailing, constructing a missing part, etc. The drawings created by students are then used as assignments for other students.

Conclusions. As practice shows, even weak students work with more interest in computer graphics classes. However, you cannot ignore the level of training. All assignments are individualized both in terms of difficulty and the scope and nature of the tasks. For example, some students perform only mating tasks, while others build a three-dimensional model of a part containing mating.

It is clear that at the moment it is impossible to completely eliminate «manual» drawing. Therefore, it is necessary to combine both types of training. In addition, every engineer must have a drawing tool and be able to draw manually.

Thus, teaching computer graphics in an engineering graphics course should not be viewed as an independent section devoted to acquiring skills in making drawings in electronic form, but as teaching engineering graphics by other means. It is necessary, as far as possible, to accompany each section of the course with the use of computer-aided design systems, explaining how to perform a particular task using graphic packages.

MODERN APPROACH TO THE STUDY OF GRAPHIC DISCIPLINES

Yakymets O.M., group ATP-22d, Chekalov V.O., postgraduate student of the KISU department,
Davidenko N.O., senior teacher, Karpiuk L.V., senior teacher
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The quality of student training is changing every year, and it is not changing for the better. Many applicants do not have spatial thinking, they do not know geometry well. It is difficult for a first-year student who does not have a basic understanding of graphic disciplines to connect the image of objects on a plane with their position in space.

Teaching graphic arts requires constant improvement. Modern multimedia technologies come to the aid of the teacher. Today, thanks to the development of computer graphic technologies, it is possible to solve previously impossible tasks: creating 3D models, automatically drawing lines of intersection of surfaces, etc. A modern engineering graphics classroom is not just a chalkboard, it is a classroom equipped with a computer, projector, or interactive whiteboard. However, interactive educational equipment requires interactive teaching aids, which a university professor must be able to prepare for his or her classes.

A modern teacher who has the skills to work with application editors can prepare a computer-based course of lectures on engineering graphics and create assignments for practical classes on their own, without the involvement of programmers. Explanations of new material are accompanied by visual representations of three-dimensional images. This develops students' spatial imagination. The most convenient tool in the practical activities of teachers is the creation of multimedia presentations. It is better to accompany slide shows with teacher comments. Students perceive the material easier and become more accessible.

The course «Engineering Graphics» is taught in all technical universities and is certainly one of the main (compulsory) disciplines in the cycle of general professional training. This is natural, because engineering graphics is the «alphabet» for mastering most specialty disciplines. The full course of this discipline includes the study of descriptive geometry, engineering graphics and computer graphics.

But today, there is a tendency in the system of higher technical education to denigrate the methods of descriptive geometry and to transfer this unique discipline to the category of outdated disciplines. Nevertheless, descriptive geometry as a science has not revealed its insolvency or any internal or external contradictions. Therefore, descriptive geometry as a discipline, the uniqueness of which lies in the development of spatial thinking, should remain in the knowledge base of a future highly qualified specialist. As for information technologies, they can only be a new tool capable of improving the level of students' learning of geometric and graphic disciplines in all respects (speed, time, quality).

In order for descriptive geometry not only to remain relevant against the background of the emergence of graphic computer technologies, but also to be useful in higher engineering education, it is necessary to change the approach to the presentation of course topics. It is necessary to bring the theoretical material of the course and the methodology of its teaching as close as possible to the methods and ways of creating virtual surfaces in existing graphic software packages (for example, the AutoCAD graphic editor), in order to adapt the course of descriptive geometry to an innovative course of engineering graphics.

Descriptive geometry, like no other academic discipline, actively influences the development of spatial thinking. This type of mental activity is a rather rare gift, the formation of which is difficult but necessary for the full intellectual development of a person.

ЦІКАВЕ ПРО ГРАННІ ПОВЕРХНІ В ІНЖЕНЕРНІЙ ГРАФІЦІ

Салінко Н.М., група АТП-22д, Гудименко О.М., Кобзар О. П., аспіранти кафедри КІСУ,
Карпюк Л.В., ст.викладач

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вступ. Дуже цікава тема в інженерній графіці – це вивчення і побудова гранних поверхонь – багатогранників. Дві площини, які перетинаються між собою, утворюють двогранний кут. Якщо в будь-якій точці простору перетинається більше двох площин, то в результаті перетину одержимо просторовий кут, який може бути тригранним, чотиригранним, взагалі багатогранним. Багатогранною поверхнею, або багатогранником, називають поверхню, складену з кінцевого числа плоских багатокутників, що не лежать в одній площині і прилягають один до одного. Ці багатокутники називають гранями поверхні, а їхні сторони – ребрами.

У живій і неживій природі, серед предметів, які оточують нас, можна часто зустріти чимало таких об'єктів, поверхні яких сформовані скінченням числом багатокутників. Їх спостерігають у побуті, архітектурі, в художньому та декоративно-прикладному мистецтві, ювелірному виробництві, техніці тощо. Також багатогранники, як один із видів просторових геометричних форм, знаходять широке застосування в різноманітних інженерних спорудах і конструкціях сучасних будинків. Багатогранні форми мають також різноманітні деталі машин, механізмів та інструментів.

Багатогранники мають багату історію, яка пов'язана з такими відомими вченими давнини, як Піфагор, Евклід, Архімед. Багатогранники були відомі в Стародавньому Єгипті та Вавилоні. Водночас теорія багатогранників – сучасний розділ, який вивчають у курсі інженерної графіки.

Викладення основного матеріалу. Гранні поверхні утворюються переміщенням прямолінійної утворюючої l за ламаною напрямною m . При цьому якщо одна точка S утворюючої нерухома, створюється пірамідальна поверхня (рис. 1, а). Якщо утворююча при цьому переміщенні паралельна заданому напрямку S , то створюється призматична поверхня (рис. 1, б).

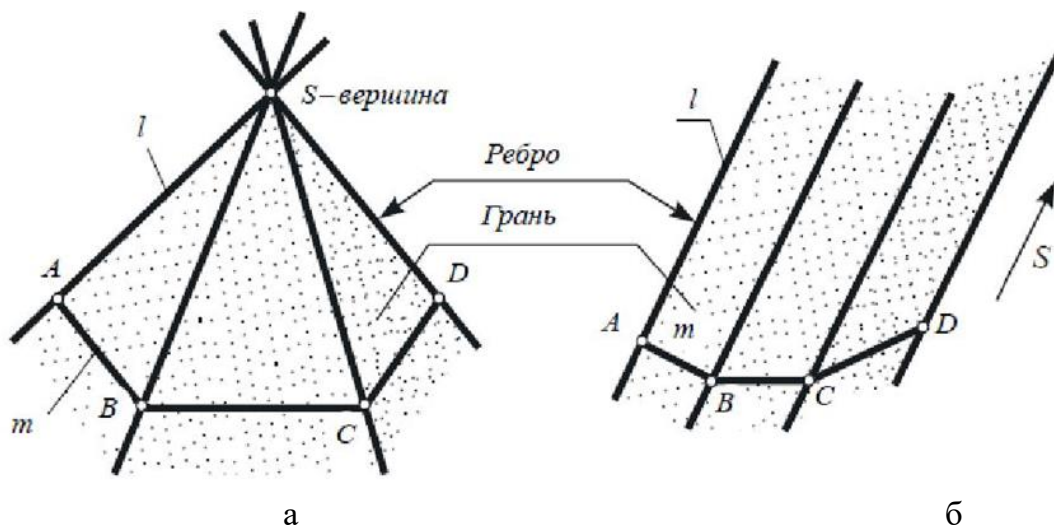


Рисунок 1. Створення призматичної поверхні: а – пірамідальна, б – призматична

Багатогранники – це замкнуті геометричні фігури, обмежені плоскими багатокутниками. Побудова проєкцій багатогранників на кресленику зводиться до зображення їх ребер і вершин, тобто прямих і точок. Кресленики найпростіших багатогранників, піраміди та призми, дано на рис. 2 та 3. Кількість проєкцій багатогранника має бути такою, щоб забезпечувалася оборотність кресленика. Кресленик називається

оборотним, якщо з однієї проєкції точки, що належить площині, можна побудувати її другу проєкцію. У загальному випадку двопроекційний кресленик багатогранника, що складається з горизонтальної та фронтальної проєкцій, є оборотним, якщо на ньому немає ребер, що збігаються, і жодне ребро не є профільною прямою (рис. 2 і 3). Якщо цих умов не дотримуються, то для надання кресленку властивості оборотності необхідно побудувати третю проєкцію багатогранника чи позначити всі його вершини.

Замкнуті ламані (рис. 2) і $A_1B_1B_1'C_1'A_1'$ (рис. 3) є нарисами горизонтальної проєкції багатогранників, а замкнені ламані (рис. 2) і $A_2C_2C_2'A_2'$ (рис. 3) – нарисами фронтальної проєкції багатогранників. Нарис проєкції завжди видимий.

На кресленку (рис. 3) горизонтальна проєкція призми збігається з проєкцією її основи, тому що ребра – горизонтально-проєкціюючі прямі, а основи призми – конгруентні фігури площин рівня. Поверхня прямої призми відносно площини Π_1 є проєкціюючою. Грані є горизонтально-проєкціюючі площини, тому горизонтальні проєкції точок F , T і T' збігаються з проєкціями граней.

У правильній чотирикутній піраміді, зображеної на рис. 2, основа є горизонтальною площиною рівня. Передня та задня грані – профільно-проєкціюючі площини (вони проходять через передню та задню сторони основи, які є профільно-проєкціюючими прямими), а дві бічні грані піраміди – фронтально-проєкціюючі площини. Точки та лінії, що належать видимим проєкціям граней на кресленку, видимі (точки L_2 , N_1 і N_2 на рис. 2; M_1 на рис. 3). Якщо проєкція грані невидима, то невидима і відповідна проєкція точки, що належить цій грані (точки L_1 на рис. 2; M_2 , T_2' на рис. 3).

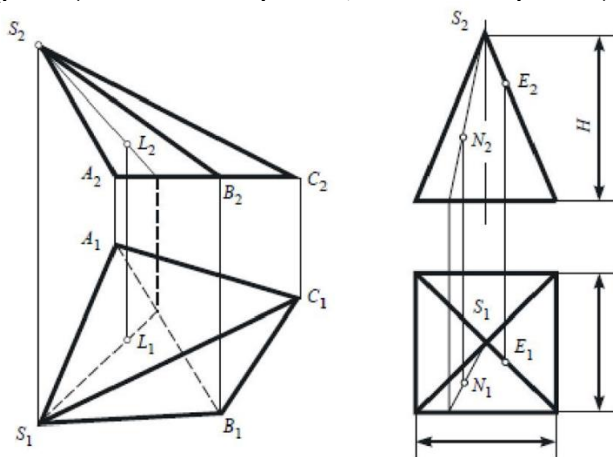


Рисунок 2. Кресленик піраміди

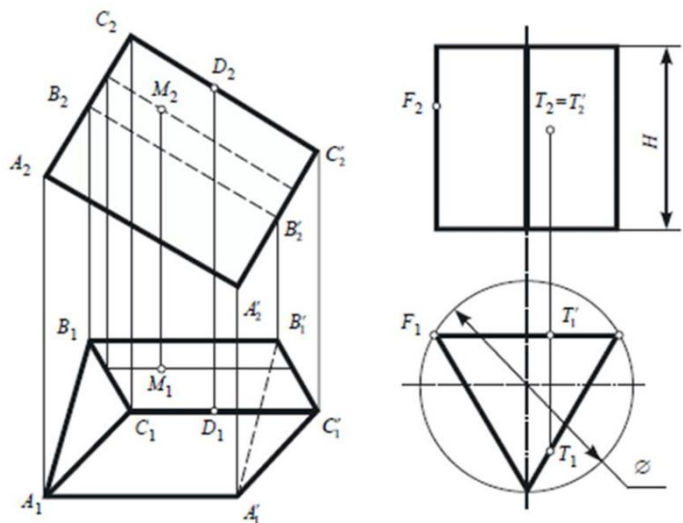


Рисунок 3. Кресленик призми

Висновки. Судячи з усього, правильні багатогранники будуть відігравати все важливішу роль у різних галузях знань, адже ці фігури внутрішньо пов'язані з природними явищами. Як говорив Платон, давньогрецький мислитель, класик філософії, із усіх відомих тіл вони найпрекрасніші, причому кожен багатогранник прекрасний по-своєму. Мабуть, це той випадок, коли краса та істина — єдине ціле.

**КОМПОЗИЦІЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СБС
КАУЧУКІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВЗУТТЄВОЇ ПІДОШВИ**

Войтюк С.О., Римар Т.Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Термоеластоласти або термопластичні еластomers (ТЕП) - це полімерні матеріали, які являють на сьогоднішній день сегмент промисловості, що дуже швидко розвивається. Термоеластоласти є синтетичними полімерами, що володіють при звичайних температурах властивостями гуми, а при підвищених - здатні розм'якшуватися подібно до термопластичних полімерів. ТЕП переробляється у гумові вироби, минаючи стадію вулканізації. Структура ТЕП складається з двох мікроскопічних фаз: одна – низькомодульна і легкодеформуєма, інша – жорстка, виконує функції зв'язку між пружноеластичними зонами. При нагріванні термоеластоластів вище за температуру плавлення їх жорстка фаза розплавляється і дозволяє полімеру витікати в переробне обладнання.

Слід зазначити, що термоеластоласти відносяться до матеріалів, що повністю переробляються, які також не містять хлор і сірку. Нові ТЕП не містять у собі свинцевих стабілізаторів та інших важких металів, як гуми. Властивості термопластичних еластомерів забезпечують тривале функціонування виробів без зниження експлуатаційних характеристик в умовах впливів навколишнього середовища, що постійно змінюються, і атмосферних факторів (холод, підвищені температури, низька вологість і т.ін.) [1].

Всі ці властивості роблять ТЕП відмінним матеріалом для виготовлення взуттєвої підошви, які, на відміну від гуми, здатні з часом покращувати свої показники міцності. Але для забезпечення відмінних властивостей виробів з ТЕП слід ретельно добирати склад полімерної композиції та приділяти увагу кожному компоненту який виконує ті чи інші функції.

Так для виробництва взуттєвої підошви основі спіненого СБС каучуку, крім основного компоненту, ще слід ввести: полімерний модифікатор, пом'якшувач, наповнювач, фарбник та спінюючий агент.

Каучук являє собою блок-сополімер стирол-бутадієн-стиролу. Для покращення перероблюваності композиції та надання їй заданих властивостей додають термопластичний модифікатор. Так для покращення зовнішнього вигляду готового виробу, а також для регулювання твердості та розмірної стабільності вводять полістирол. Сумісність СБС каучуку зі стиролом, та введення його до складу композиції для виготовлення підошви взуття, забезпечує значно меншу усадку виробів, оскільки напівкристалічні полістирольні піни, зазвичай демонструють меншу усадку через їх більш високу температуру склування та температуру кристалізації [2].

До складу композиції додають пластифікатор - як пом'якшувальний агент. Пластифікатор полегшує обробку, одночасно регулюючи параметри обробки та твердості. Переважно пластифікатор являє собою парафінову олію, сумісну з середнім блоком СБС, з високою молекулярною масою. Кількість пластифікатора в кожному випадку залежить від бажаних властивостей композиції. Хоча він може покращити технологічність, він також може бути шкідливим для інших властивостей.

Для досягнення оптимізованих механічних та фізичних властивостей до складу композиції вводяться мінеральні наповнювачі. Згідно з результатами механічних випробувань найкращими кращим кандидатом для спінених зразків з точки зору низької щільності, високої механічної міцності, подовження та удароміцності був кальцит.

До складу композиції також входить включення барвників, сумісних зі складом СБС каучуку. Барвник може бути обраний на основі бажаного загального зовнішнього вигляду складу композиції для певного виду виробів. Кількість барвника, включеного до складу, залежить від кольорового концентрату і може визначатись у кожному конкретному випадку.

Барвник бажано вводити у вигляді суперконцентрату, що запобігає пилінню та дає можливість точного дозування.

Для отримання спіненої взуттєвої підошви вводився мікросферичний піноутворювач, що розширюється. Це новий тип спеціального піноутворювача, що представляє собою молочно-білі, невеликі сферичні пластикові частинки діаметром 10-45 мікрон. При нагріванні до певної температури обсяг піноутворювача може швидко розширюватися в десятки разів від початкового розміру, тим самим досягаючи ефекту піноутворення [3].

Основна перевага спіненої підошви полягає в більш високих теплоізоляційних властивостях, що робить її незамінною при виробництві зимового взуття.

Таким чином, рецептура для виготовлення взуттєвої підошви містить: СБС каучук – як полімерну основу, полістирол, який регулює зовнішній вид, усадку, твердість та міцність готового виробу, олію парафінову - як пластифікатор, мінеральний наповнювач – кальцит – для посилення полімерної композиції, суперконцентрат пігменту - для забарвлення, та полімерні мікросфери – як спінюючий агент.

До відмінних властивостей такої композиції можна віднести: м'якість та пружність, високу технологічність, високу еластичність при низьких температурах, термо- та кліматостійкість, стійкість до слабких кислот, розчинів лугів, солей, спиртів, води та атмосферних впливів. Така підошва має досить тривалий експлуатаційний період, вона не токсична та має допустимість до вторинної переробки.

Література:

1. Термоеластоласти. URL: <https://proplast.ru/articles/termoelastoplastyi/>
2. Xu Z., Wang G., Zhao J., Zhang A., Dong G., Zhao G. Anti-shrinkage, high-elastic, and strong thermoplastic polyester elastomer foams fabricated by microcellular foaming with CO₂ & N₂ as blowing agents. Journal of CO₂ Utilization, 2022. V. 62. P. 102076. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102076>.
3. China Expandable Microsphere Foaming Agent. URL: <https://www.njchm.com/china-expandable-microsphere-foaming-agent.html>.

ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСТРУЗІЇ ГРАНУЛЬОВАНИХ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СБС КАУЧУКУ

Ковальов С.Л., Римар Т.Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Термопластичні еластомерні піни (ТПЕ) використовуються в автомобільній, електротехнічній, іграшковій та інших галузях промисловості вже багато років. Зменшення щільності за допомогою процесу спінювання не тільки дозволяє зменшити вагу формованих або екструдованих деталей, але також забезпечує економію полімеру. Також можливе виготовлення виробів більшої товщини. Завдяки цьому деталі мають більшу свободу дизайну та багато нових застосувань [1].

Спінюючі агенти, що використовуються в пінах можуть бути хімічним або фізичним. Хімічні піноутворювачі - це речовини, які беруть участь у реакції або розкладаються, виділяючи в процесі хімічні речовини. Фізичні піноутворювачі - це гази, які не вступають у хімічну реакцію в процесі спінювання і тому є інертними до полімеру, що утворює матрицю [2]. Особливим типом спінюючого агенту є полімерні мікросфери. Мікросфери являють собою білі частинки сферичної форми з термопластичною оболонкою, що містить газ. При нагріванні до певної температури оболонка розм'якшується, а газ усередині ядра розширюється, змушуючи мікросфери швидко збільшуватися обсягом, досягаючи ефекту піноутворення [3].

Спінювання ТПЕ досі залишається значною мірою недостатньо розробленим процесом і є прикладом виробничих процесів, які можуть поєднуватися з розробкою

матеріалів. Прикладом такого процесу є виробництво гранул ТПЕ, які містять мікросфери. Такі гранули в подальшому можуть бути перероблені різними способами притаманними полімерам. З них можуть бути виготовлені різноманітні вироби зниженої щільності, такі як взуттєва підшва, різні ущільнювачі, амортизуючі матеріали та ін.

Однак існують багато проблем, пов'язаних з розробкою такого процесу, які обумовлені тим, що мікросфери під час виробництва гранул не повинні розширюватись. Тому, для запобігання терморозширення мікросфер, були розроблені рекомендації для проведення технологічного процесу виробництва гранул, а саме:

- При переробці композиції ТПЕ, наповненої полімерними мікросферами, важливим є не вийти за межі максимальної температури розширення мікросфери. Якщо мікросферу нагріти вище рекомендованої T_{max} або нагрівати довше, ніж рекомендується, спінювач поступово вийде з оболонки, і мікросфери втратять свою форму.

- Розплав в екструдері повинен знаходитись під тиском, щоб не допустити початку розширення мікросфер, оскільки утворення зовнішнього тиску буде протидіяти внутрішньому тиску всередині мікросфери.

- При виході з філь'єри гранулу необхідно різко охолодити, щоб запобігти розширенню мікросфер при падінні тиску на заключному етапі гранулювання.

- Розширення мікросфер має відбуватися під час остаточного формування продукту, а не під час приготування гранул. Під час приготування гранул допускається певне розширення, не більше 1-2%, оскільки занадто великий рівень розширення призведе до проблем із подачею матеріалу та якістю піни знизиться.

- Введення мікросфер необхідно здійснювати в останню зону екструдера, перед філь'єрою. Основна відмінність від подачі боковим живильником мінеральних наповнювачів від мікросфер є те, що після подачі мінерального наповнювача в екструдер, він проходить зони інтенсивного перемішування, тим самим утворюючи високі зсувні навантаження, що в свою чергу призводить до локальних зон перегріву, які не можливо побачити за допомогою приладів, через що відбувається фізичне руйнування мікросфер.

Дані рекомендації дозволяють виготовляти гранульовані ТПЕ наповнені полімерними мікросферами, я яких в подальшому можна виготовляти різноманітні вироби зниженої щільності.

Література:

1. A. Ines, E.S.A. Dynasol. Foams with thermoplastic elastomer compounds: Advantages and opportunities. Rubber World, 2013. V. 249 (1). P. 42-47.
2. Felipe M. de Souza, Yash Desai, Ram K. Gupta. Introduction to Polymeric Foams. 2023, DOI: 10.1021/bk-2023-1439.ch001.
3. Microspheres/ Expander. URL: <https://www.zjshuntaitech.com/product/microspheres-expander.html>

ПІДГОТОВКА КОМПОЗИЦІЙ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ НА ОСНОВІ СЕБС КАУЧУКІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СПІНЕНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

Сечко Р.В., Римар Т.Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Нещодавно були встановлені вимоги щодо подальшого зниження ваги пластикових деталей, особливо автомобільних деталей для покращення пробігу. Пластикові деталі, відмінні від тих, що використовуються в автомобільній промисловості, також вимагають зниження ваги без погіршення їх механічних властивостей та зовнішнього вигляду. Полімерне спінювання є одним із найперспективніших методів для реалізації зниження ваги. Методи полімерного спінювання можна умовно розділити на дві групи: хімічне спінювання та фізичне спінювання. Хімічне спінювання використовує хімікати, які виділяють газ, такий як діоксид вуглецю (CO_2) та азот (N_2), шляхом термічного розкладання. Газ, що виділяється, розчиняється в полімері або безпосередньо призводить до розширення бульбашок і утворення комірчастої структури. Фізичне спінювання не включає ніякої хімічної реакції. Воно просто використовує бутан, пентан, CO_2 або N_2 як агент, що спінює.

Мікросфери, що термічно розширюються, використовуються у фізичному спінюванні, при якому полімерні капсули використовуються для спінювання полімерів. Низькокипляча вуглеводнева рідина, така як октан або пентан, інкапсулюється полімерною оболонкою. Змішуючи мікросфери з полімером і дозволяючи їм термічно розширюватися, полімери можна спінити. При нагріванні мікросфер вони розширюються в 50-100 разів від початкового обсягу [1].

Із застосуванням полімерних мікросфер, що розширюються виготовляють різні деталі автомобілів на основі термопластичних еластомерів (ТПЕ). Основний тип термопластичного еластомеру - блок-сополімер стиролу, етилену, бутилену та стиролу (SEBS) - це гідрогенізована форма стирол-бутадієн-стиролу (SBS) з більш високим вмістом 1,2-вінільної структури. Гідрогенізація фактично усуває подвійні зв'язки в молекулах SBS, значно знижуючи деградацію під впливом кисню, озону та ультрафіолету. В результаті полімери SEBS мають покращену робочу температуру, стійкість до окислення, опір повзучості та залишкову деформацію при стисканні [2].

Виготовлення спінених виробів на основі ТПЕ є ефективним способом задоволення вимог до більш високої ударостійкості з низькою щільністю та відносно низькою твердістю. Застосування спінених термопластичних еластомерів пропонує широкий спектр можливостей для нових і існуючих застосувань. На додаток до низької твердості та щільності, спінювання забезпечує кращу амортизаційну здатність завдяки своїй морфологічній структурі [3].

Але існують певні складності процесу спінювання ТПЕ на основі SEBS через його низьку міцність розплаву. Тому важливим є визначення характеристик композиції, що переробляється, а також послідовності операцій та відповідного обладнання для підготовки композиції.

Так композиція для виробництва ущільнювачів для автомобілів складається з СЕБС каучуку - основа, масло парафінове - пом'якшувач, полімер поліпропілен - додають для покращення перероблюваності, зовнішнього вигляду виробів надання властивостей композиції, мінеральний наповнювач - кальцит, суперконцентрат пігменту - забарвлення композиції.

При виробництві композицій на основі СЕБС каучуку компоненти композиції можуть бути змішані будь-яким відомим способом. Гідрований стирольний блок-кополімер може бути спочатку фізично змішаний із пластифікатором. Потім може бути додана

термопластична смола. За бажанням можуть бути додані стабілізатори, наповнювачі, барвники та інші відповідні добавки.

Для отримання однорідної композиції вищезгадані компоненти слід спочатку змішати в сухому вигляді, перед замішуванням в розплаві, з використанням змішувача, такого як змішувач Henschel, барабан, стрічковий змішувач, тощо, а потім проводити замішування в розплаві, з використанням звичайного змішувача, такого як змішувальний валок, місильна машина, змішувач Banbury, екструдер. Суміш слід екструдувати у двошнековій машині з плоским температурним профілем (160-180°C), при 250 об/хв і температурі розплаву 203°C. Формування виробів (автомобільних ущільнювачів) здійснюється в екструдері Dalite L/D=48, використовуючи температурний профіль для сумішей від 165°C до 190° C та обороти шнека від 150 до 200 об/хв.

Композиція, що переробляється, повинна мати твердість від 20 до 100° ShA, переважно від 20 до 80° ShA, найбільш переважно від 20 до 60° ShA. Опір стиску (залишкова деформація при стиску %) повинна становити нижче 20%, більш переважно нижче 10%, найбільш переважно нижче 5%, виміряне при кімнатній температурі після 22 годин стиснення. Показник плинності розплаву композиції повинен становити від 1 до 25, більш переважно від 3 до 20, найбільш переважно від 5 до 15 г/10хв при 230°C.

Таким чином розробка гнучких термопластичних еластомерних пін на основі SEBS є складним завданням, і лише вивчення та аналіз всіх складових процесу: від підбору якісного складу полімерної композиції, до визначення вірної послідовності операцій та відповідного обладнання, а також характеристик композиції, що переробляється, дозволяє отримати спінені вироби з ТПЕ із відмінними експлуатаційними характеристиками.

Література:

1. Masayasu Fujino, Takashi Taniguchi, Yasuhiro Kawaguchi, Masahiro Ohshima. Mathematical models and numerical simulations of a thermally expandable microballoon for plastic foaming. Chemical Engineering Science Volume, 2013. V. 104. P. 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.09.010>.
2. The Differences Between TPE Elastomers SBS and SEBS. URL: <https://www.lcycic.com/en/product/elastomers/article/the-differences-between-tpe-elastomers-sbs-and-sebs>.
3. C. Kiroğlu, N. Kızılcan. Production and characterization of thermoplastic elastomer foams based on the styrene–ethylene–butylene–styrene (SEBS) rubber and thermoplastic material. Open Chemistry. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0084>.

ВИРОБНИЦТВА МІНЕРАЛОНАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОНЦЕНТРАТІВ

Зайченко В. І., Ворох А. О., к.пед.н., Римар Т. Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Полімерні композити отримують та застосовують у вигляді компаундів та концентратів. Компаунд – готова до переробки система, що зазвичай має ступінь наповнення до 30–40 % мас. Концентрат – високонаповнена композиція призначена для змішування з основною сировиною перед переробкою, має високий ступінь наповнення, що може сягати понад 80 % мас., не придатна зазвичай до переробки у чистому вигляді [1].

Високонаповнені полімерні композити на основі поліолефінів, в яких ступінь наповнення досягає 65–85 % мас. отримують методом роздільного дозування з використанням двошнекового екструдера. Даний метод отримання високонаповнених полімерних композитів дозволить створювати високонаповнені концентрати карбонату кальцію на основі первинних чи вторинних поліолефінів, які далі можуть бути використані для введення в склад плівкових композицій при виготовленні упаковки. Таким способом забезпечується зниження частки полімерної фази у загальній масі полімерних відходів, що

є позитивним кроком при вирішенні питання утилізації полімерних відходів. Також, введення карбонату кальцію в поліолефіни призводить до зростання густини полімерного матеріалу та зниження його здатності до рознесення вітром при потраплянні на полігони [2].

Процес виробництва полімеру мінералонаповненого складається з наступних основних стадій:

- підготовка сировини;
- дозування полімеру в змішувачі та подача його в приймальний бункер за допомогою пневмотранспорту;
- дозування карбонату кальцію та подача його до приймального бункеру за допомогою спірального шнека;
- виведення установки в заданий режим;
- подача сировини в екструдер;
- пластикація та гомогенізація суміші, розподіл карбонату кальцію в полімері;
- дегазація суміші;
- видавлювання прутка за допомогою кутової головки (філь'єри);
- охолодження прутків у водяній ванні;
- гранулювання прутка за допомогою машини різання (гранулятора);
- сушіння грануляту, сортування продукції на віброситі;
- затарювання, пакування та маркування продукції.

Головною відмінністю і особливістю технології, що розглядається є те, що в ній застосовується екструдери з системою вакуумної дегазації. Блок вакуумної дегазації на апаратах встановлюють перед філь'єрою для видалення залишків мономеру, олігомеру, а також негомогенізованого наповнювача, аби отримати продукт належної якості, як і в системах з додатковими фільтраційними вузлами.

Література

1. R. Manickam, R. Lakshmi, N. Srinivasan, N. Kumar, D. Vasanth, B. Devarajan. Influence of filler material on properties of fiber-reinforced polymer composites: A review. *Polymers*. 2022. Vol. 22, no. 1. P. 898–916.

2. Н. Сова, О. Слєпцов, Л. Розвора. Високонаповнені полімерні композити, отримання та застосування. Композиційні матеріали (збірка матеріалів XII Міжнародної науково-практичної WEB-конференції). 2023. С. 32-34. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/857ea3fc-a869-44b7-8bff-68f6585c951b/content>.

ВИКОРИСТАННЯ НАНОКАРБОНАТУ КАЛЬЦІЮ ДЛЯ ЗМІНИ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ

Ніколенко Р.С., Римар Т.Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Поліетилен високої щільності (ПЕВЩ) - це високощільна неполярна термопластична смола певної міри кристалічності. Молочний вид орто-станів ПЕВЩ певною мірою напівпрозорий у вузькому поперечному перетині. ПЕ має гарну стійкість до більшості хімікатів для промислового використання. Хімікати певного роду можуть викликати хімічну корозію, наприклад, їдкі окислювачі, ароматичні вуглеводні та галони. ПЕ негігроскопічний і запобігає утворенню пари, тому може використовуватися для пакування. ПЕВЩ має хороші електричні властивості, і зокрема високу діелектричну міцність, що робить його застосовним для багатьох електричних проводів. Він має чудову ударостійкість для високомолекулярного класу, навіть при температурі нижче -40 °С.

Поліетилен високої щільності являє собою білі частинки без запаху та без смаку, нетоксичний, температура розм'якшення становить 125-135 °С, точка плавлення ~130°С, відносна щільність - 0,946 ÷ 0,976 г/см³. Ступінь кристалічності становить 80-90%, а

температура використання може досягати 100 °С. Твердість, міцність на розрив та властивості повзучості у ПЕВЩ кращі, ніж у поліетилену низької щільності (ПЕНЩ), також кращі зносостійкість, електроізоляційні властивості, міцність та морозостійкість. Хімічна стабільність хороша, при температурі навколишнього середовища, нерозчинний у будь-яких органічних розчинниках, стійкий до корозії кислотами, основами та різними солями. Плівка з ПЕВЩ мало проникна для водяної пари та повітря, водопоглинаюча здатність низька. Але ПЕВЩ має більшу втрату властивостей при старінні, ніж поліетилен низької щільності, особливо термічне окислення, яке викликає його деградацію та зменшує стійкість до розтріскування під впливом довілля [1].

Покращити технологічність, механічні властивості, стабільність розмірів виробів з ПЕВЩ можна застосуванням мінеральних наповнювачів. Наповнювачі, такі як тальк і карбонат кальцію, можуть допомогти контролювати короблення виробів через диференціальну усадку, які підвищують температуру кристалізації та сприяють ізотропній усадці. Нанокарбонат кальцію (надтонкий карбонат кальцію) може покращити реологічні властивості пластикової матриці, покращити її формованість. Він має зміцнювальний та армуючий ефект як пластиковий наповнювач, покращує міцність на вигин та модуль пружності при вигині [2].

Нанокарбонат кальцію – це свого роду новий надтонкий твердий порошковий матеріал, що з'явився у вісімдесятих роках ХХ століття, його зернистість становить від 0,01 до 0,1 мкм. Завдяки надтонкій наночастинці карбонату кальцію, його кристалічна структура та електронна структура змінюються, і створюється ефект квантового розміру, якого немає у звичайного карбонату кальцію. Завдяки активному олеофільному дренажу поверхні нанокарбонату кальцію, добре сумісному зі смолою, може ефективно покращувати або регулювати твердість, міцність, гладкість виробів. Покращує характеристики обробки, реологічні властивості, розмірну стабільність, термостійкість, має підсилюючий ефект, може замінити дорогий полімерний склад композиції, знижує витрату смоли, тим самим знижуючи собівартість продукції, підвищуючи конкурентоспроможність на ринку.

Література

1. Nano calcium carbonate-filled HDPE (high-density polyethylene) material and preparation method thereof. Pat. CN104072852A. China. Publication 01.10.2014.
2. Polyethylene Filled calcium carbonate. URL: <https://danpolymer.com/product/calcium-carbonate-pe/?lang=en>.

МОДИФІКАЦІЯ ПОЛІПРОПІЛЕНУ ПОЛІОЛЕФІНОВИМИ ЕЛАСТОМЕРАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Цибульник М.І., Римар Т.Е., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Модифікований поліпропілен, наповнений карбонатом кальцію, має такі переваги, як низька ціна, простота у використанні, легке регулювання кольору і менший знос обладнання.

Основними перевагами наповнення поліпропілену карбонатом кальцію є:

- підвищення стабільності розмірів (тобто зменшення усадки);
- збільшення жорсткості матеріалу;
- підвищення термостійкості матеріалу;
- зниження матеріальних витрат.

Карбонат кальцію має добре поєднання з полімером, що допомагає покращити механічні властивості системи. У той же час реологічні властивості поліпропілену, наповненого карбонатом кальцію, також ефективно покращуються.

Модифікований поліпропіленовий пластик, наповнений карбонатом кальцію, може широко використовуватися в невеликих побутових корпусах пропіленових приладів, зовнішніх блоках кондиціонерів, різних електронних та електричних деталях, конструктивних деталях інженерного обладнання тощо [1].

Однак основним недоліком поліпропілену є його низька морозостійкість, яка призводить до зниження механічних властивостей поліпропіленових виробів за низьких температур, і модифікація його лише тільки мінеральним наповнювачем не дає бажаного результату. Тому в таку композицію слід вводити полімерний модифікатор на основі термоеластопласту. Такі суміші складаються з фракцій як гомополімеру, так і випадкового кополімеру поліпропілену, а також еластомерів пропілену-етилену та еластомерів на основі стирулу. Отримані поліпропіленові композиції володіють балансом високої міцності, хорошої прозорості, чудовою стійкістю до побіління під напругою і чудовими ударними властивостями, особливо при низьких температурах, для використання в складних пластмасових виробках.

Висококристалічний поліпропілен зазвичай використовується для отримання дуже жорстких і міцних матеріалів із чудовими механічними властивостями. Однак висока кристалічність значно збільшує каламутність та погіршує оптичні властивості. Додавання більшої кількості сомономеру означатиме зниження кристалічності та меншу каламутність, а також зниження жорсткості. Додавання еластомерної фази до поліпропіленової матриці покращить ударні властивості композиції, однак, побілювання під дією напруги та непрозорість часто погіршуються [2]. Тому баланс компонентів повинен бути ретельно спланований, щоб отримати бажаний результат.

Необхідний баланс компонентів дає використання поліолефінового еластомеру VISTAMAXX 6202 (виробник ExxonMobil Chemical Belgium). Він являє собою синтетичну смолу з термопластичною еластичністю, яка виробляється шляхом полімеризації етилена та α -олефінів (таких як 1-бутен, 1-гексен або 1-октен). Спеціальна структура забезпечує смолі добру гнучкість, удароміцність, супротив розриву, високу термостабільність, корозійну стійкість та високе світлопропускання. Поліолефіновий еластомер VISTAMAXX 6202 добре сумісний з поліпропіленом [3], такі композиції можуть застосовуватись для виробництва полімерних виробів, які експлуатуються за низьких температур.

Література:

1. Xiamen Keyuan Plastic Co., Ltd., URL: <https://ru.ky-plastics.com/polypropyle/polypropylene-pp-40-caco3.html>.
2. Sameer G Mehta, Michael James BALOW, Vaibhav Vishnu APTE, Laura Therese SHEREDA. Polypropylene compounds with high impact performance and improved stress whitening resistance. Pat. US9115279B2 United States. URL: <https://patents.google.com/patent/US9115279B2/en>. Publication 25.08.2015.
3. Polyolefin elastomer. URL: https://www.fengbaiplas.com/polyolefin-elastomer-poe/?gad_source=1&gbraid=0AAAAACYqA6TOFiwp74SlZiiY58eO_Mmw5&gclid=Cj0KCQjwzrzABhD8ARIsANISWNM_jN-3HRVBfTRaLmevry3IcWwYwmfLUGQYgeDZFz6U0AoKMg2ufc0aAkH-EALw_wcB.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ AUTOCAD ТА SOLIDWORKS У СУЧАСНОМУ CAD-ПРОЄКТУВАННІ

Бажміна Е.А., доцент, доктор філософії, Позняков А.М., студент гр. Т-414
Національний університет «Запорізька політехніка»

Сучасні програмні засоби для комп'ютерного проєктування (CAD - Computer-Aided Design) стали незамінними інструментами у багатьох галузях інженерії, архітектури, машинобудування та промисловості. Два з найбільш популярних CAD-програмних продуктів – AutoCAD та SolidWorks – широко використовуються для створення технічних креслеників, 3D-моделей та інженерних розрахунків. Хоча обидва програмні продукти мають схожі функції, їх застосування та можливості значно різняться (табл. 1).

AutoCAD – одна з найвідоміших програм для двовимірного (2D) та тривимірного (3D) комп'ютерного проєктування. Вона була розроблена компанією Autodesk і вперше випущена у 1982 році. AutoCAD дає створювати точні технічні кресленики, архітектурні плани та інженерні схеми. Це програмне забезпечення є стандартом в багатьох сферах, зокрема в архітектурі, будівництві, електротехніці та машинобудуванні.

SolidWorks є також потужним програмним забезпеченням для тривимірного проєктування, розробленим компанією SolidWorks Corporation. Програму було вперше представлено в 1995 році, а в 1997 році вже з'явилися перші комерційні версії. Програма спеціалізується на проєктуванні механічних і складних конструкцій, а також на їх симуляції та тестуванні. SolidWorks широко використовується в машинобудуванні, автомобільній промисловості, аерокосмічній галузі, а також у виробництві складних механізмів і пристроїв.

Таблиця 1 – Порівняння основних характеристик CAD

AutoCAD	SolidWorks
Тип проєктування та інтерфейс	
В основному використовується для створення двовимірних креслеників, хоча має підтримку 3D-моделювання, але не на такому рівні, як SolidWorks. Інтерфейс AutoCAD надає більше гнучкості в організації робочого простору та створенні креслеників різних типів	Орієнтований на створення тривимірних моделей та механічних конструкцій. Інтерфейс SolidWorks більш спеціалізований для інженерії (моделювання, інженерного аналізу та проєктування) і машинообробки (створення керуючих програм для машин з числовим програмним управлінням)
Моделювання	
Можливість 3D-моделювання, але головним чином призначений для роботи з 2D. Тривимірні моделі можуть бути створені, однак цей процес потребує значних зусиль і є менш інтуїтивно зрозумілим порівняно з SolidWorks	Має потужні інструменти для створення складних 3D-моделей. Крім того, SolidWorks підтримує механічні симуляції, аналіз на деформацію, навантаження, термальний аналіз і багато інших інженерних розрахунків
Симуляція та аналітика	
Обмежені можливості для симуляції і аналітики, зокрема у випадках, коли йдеться про фізичні властивості матеріалів або складні механічні розрахунки	Розвинуті модулі для симуляції, такі як SolidWorks Simulation, дозволяють виконувати різноманітні аналізи, зокрема для визначення стійкості конструкцій, теплових процесів, а також вивчення рухомих частин у складі

Склади та інтеграція	
Можливість створювати складні 2D та 3D-кресленики, але не має гнучких інструментів для роботи з багаточастинними складами чи розгалуженими проєктами	Спеціалізований інструмент для проєктування складів та деталей, де можна легко керувати взаємодією компонентів, перевіряти їхній рух і виявляти потенційні проблеми на етапі проєктування
Переваги	
Підходить для широкого спектра завдань (2D та 3D-проєктування). Має великий набір інструментів для креслення, редагування та анотування. Підтримує велику кількість форматів файлів, таких як DXF, SVG, PLT та ін. Основним є DWG (Drawing) – це стандартний формат для збереження креслень та проєктів AutoCAD. DXF є форматом обміну даними між різними CAD програмами. SVG може використовуватися для векторної графіки, а PLT для плотерного друку. Перелік підтримуваних форматів може змінюватися в залежності від версії AutoCAD, але DWG, DXF та SVG є ключовими. Поширений у багатьох галузях, має велику кількість навчальних ресурсів	Потужні інструменти для 3D-моделювання та створення складних механічних систем. Наявність вбудованих можливостей для симуляції та аналізу. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для проєктування механічних компонентів. Підходить для створення і тестування механічних складів і вузлів
Недоліки	
Не підходить для створення складних механічних систем. Має обмежені можливості для 3D-моделювання порівняно з SolidWorks. Відсутність інструментів для симуляції та механічного аналізу	Може бути занадто спеціалізованим для простих 2D-креслеників. Вимагає значних апаратних ресурсів для роботи з великими моделями. Вартість ліцензії для малих підприємств або індивідуальних користувачів може бути високою

AutoCAD і SolidWorks є потужними інструментами для комп'ютерного проєктування, однак кожен з них має свої сильні та слабкі сторони. AutoCAD є універсальним інструментом для 2D-креслеників і простих 3D-моделей, ідеально підходить для архітектурних проєктів, будівництва та схемотехніки. Водночас SolidWorks є більш спеціалізованим програмним забезпеченням для створення складних 3D-моделей та механічних конструкцій, а також для виконання інженерних симуляцій і аналізів. Вибір між AutoCAD і SolidWorks залежить від специфіки завдання: якщо йдеться про створення технічних креслеників або архітектурних планів, краще вибирати AutoCAD, тоді як для складного механічного проєктування та симуляції механічних властивостей – SolidWorks буде більш доцільним.

ДИНАМІЧНІ ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ СИСТЕМ

Муженко Д. О., Брошко Р. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Електромехатронна система є інтегрованою сукупністю модулів, об'єднаних спільним режимом функціонування, унаслідок чого динаміка роботи електроприводу визначається динамічними характеристиками окремих вузлів та їх параметрами.

Для дослідження динамічних властивостей системи необхідно визначити функції елементів та проаналізувати їхню роботу. Загальною формою подання моделі системи є рівняння динаміки, які відображають властивості реальних пристроїв.

Одним із розповсюджених методів є подання властивостей системи у вигляді динамічних характеристик під час виникнення перехідних процесів, що впливають на зміну параметрів модулів. Розрахунок параметрів базується на рішенні диференціальних рівнянь першого, другого та третього порядку. Це залежить від виконавчих функцій елемента та його поведінки під час технологічного процесу. Такі характеристики дозволяють визначити зміни процесів у часі [1].

Основними параметрами динамічних характеристик є: коефіцієнт посилення k і постійна часу T . Її реакція на вхідний вплив $v = \text{const}$ становить експоненту (рис.1). Швидкість загасання характеристики залежить від часу T , а при статичному положенні, відповідає $y_0 = W(0)$.

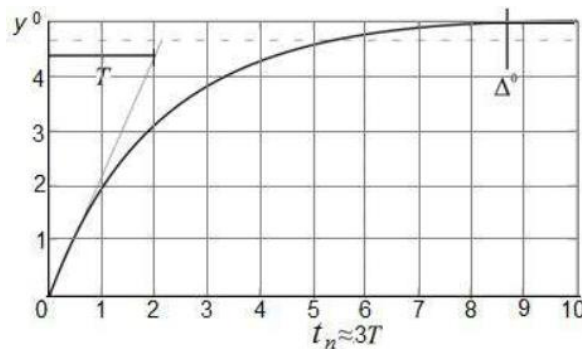


Рисунок 1. Перехідний процес у системі першого порядку

Динамічні властивості такої системи визначає передавальна функція $W(p)$, (де p – оператор диференціювання):

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$$

Якщо така система (1) має тільки один корінь характеристичного рівняння $\lambda = -\frac{1}{T}$, то вплив вхідного сигналу $\eta = \frac{1}{T}$, час перехідного процесу складає $t_n \approx 3T$.

Таким чином, коефіцієнт k визначає стає значення перехідних, а постійна часу T – їхню тривалість.

Поведінку багатьох модулів можна описати рівняннями не вище третього порядку. Тому важливо встановити взаємозв'язок між параметрами математичної моделі та якістю перехідних процесів, що протікають в електроприводних системах [1].

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.

МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ

Рипаленко Д. В., Брожко Р. М., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Одним із ключових напрямів наукових досліджень в електромехатроніці є розробка узагальнених теоретичних засад, що дозволяють створювати ефективні методи математичного моделювання електромехатронних систем (ЕМС) і алгоритми їх автоматизованого моделювання. Оскільки у процесі проектування ЕМС необхідно комплексно враховувати характеристики об'єкта керування, виконавчих приводів і інформаційної системи вже на початкових етапах, моделі динаміки як механічних, так і електричних підсистем слід будувати єдиним підходом. При цьому метод математичного моделювання динаміки ЕМС має відповідати таким вимогам [1]:

- інваріантність до фізичної природи об'єктів, що моделюються;
- формальність дій, які виконуються при реалізації методу;
- зручність результатів обчислень для аналізу й використання в проектуванні.

Роботи-маніпулятори, мобільні роботи, багатокоординаційні верстати з ЧПУ тощо мають просторові виконавчі механізми. Вони мають велику кількість ступенів свободи й містять замкнуті кінематичні контури. Це ускладнює математичне моделювання динаміки таких ЕМС.

Відомі труднощі при моделюванні динаміки становлять багатоступінчасті передавальні механізми приводів. У них істотні відхилення від ідеальної механічної передачі, до яких належать: інерційність, пружна піддатливість ланок, люфти та сухе тертя в кінематичних парах тощо.

Створення математичних моделей динаміки багатовимірних систем, що складаються з фізично різнорідних функціональних частин, становить трудомістке й наукомістке завдання. Для його вирішення в умовах жорстких обмежень часу необхідне ефективне та максимально повне використання можливостей сучасних засобів автоматизації обчислень. До нових можливостей апаратних і програмних засобів автоматизації обчислень належать:

- висока обчислювальна потужність;
- автоматизація створення просторово-геометричних моделей (комп'ютерна графіка);
- автоматизація математичних обчислень у символічному вигляді (комп'ютерна алгебра);
- розвинені системи обміну інформацією між програмними модулями різного цільового призначення;
- вільний доступ учасників проєкту до проміжних результатів проектування, можливість оперативного використання раніше отриманих результатів у розробці нових проєктів;
- доступність широкому колу користувачів, візуалізація та анімація модельованих об'єктів і процесів.

Таким чином, методи, що покладені в основу алгоритмів автоматизованого формування моделей динаміки ЕМС, повинні володіти спільністю, достатньої для обліку всіх перерахованих факторів.

Література

1. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка : навч. посібник / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер; Нац. гірничий ун-т. – 2-е вид., випр. – Дніпропетровськ : НГУ, 2010. – 224 с.

ДРОБАРКА МЕТАЛЕВОЇ СТРУЖКИ ДЛЯ ФРЕРНОГО ВЕРСТАТУ

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Часов Д.П., к.т.н., доцент, Бейгул В.О., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет

Під час металообробки на верстатах накопичується велика кількість стружки, яку, зазвичай, збирають в ємності і потім транспортують в місця для подрібнення. Для зменшення працеемності таких робіт на деяких верстатах установлюють конвеєри для видалення з піддону верстату стружки в накопичувальні ємності. Подальше транспортування в межах виробничих підрозділів може виконуватись стружкозбиральними конвеєрами, або внутрішньо цеховим транспортом. Сорткування і переробка стружки, частіше за все, виконується на спеціалізованих підприємствах вторсировини, які мають спеціалізоване обладнання для подрібнення – дробарки різного типу [1].

Як свідчить досвід вирішення питань щодо транспортування і переробки металевої стружки, яка накопичується на металообробних підприємствах, вирішений частково і з економічної точки зору є малоефективним. Збирання, сорткування, транспортування і переробка стружки різних видів та великих об'ємів супроводжується значними витратами ресурсів. Тому спроба вирішення таких питань в умовах виробництва, навіть частково, є актуальною і вимагає часто нестандартних рішень. В особливості, необхідні ефективні рішення у випадках обробки виробів з нержавіючих сталей різних марок, кольорових металів та сплавів і т. ін.

Для часткового вирішення таких питань, пов'язаних з переробкою відходів металообробки в механічних цехах, розроблені оригінальні методики подрібнення стружки при використанні мобільних пристосувань для фрезерних верстатів. В таких випадках створюються передумови для переробки стружки з певного матеріалу в невеликих кількостях, що виключає у майбутньому трудомісткі процеси її сорткування і транспортування.

Одним з варіантів вирішення таких задач є розроблена дробарка у вигляді окремого пристосування для фрезерних верстатів, яка може бути установлена, наприклад, на стіл вертикально-фрезерного верстату [2]. Подрібнюючі елементи дробарки отримують робочі рухи для подрібнення стружки від приводів верстату, а керування процесом виконується системою управління цим же верстатом. В залежності від типу стружки і її матеріалу підбирається відповідна технологія процесу подрібнення – установлюються оберти шпинделю верстату і траєкторії обмеженого переміщення рухомого органу дробарки у робочому просторі пристрою.

На рис. 1 показана спрощена схема пристрою, який установлюється на столі 1 вертикально-фрезерного верстату і фіксується кріпильними гвинтами. В корпусі пристрою 2 на амортизаторах установлена умовно нерухома робоча частина 3 пристрою у вигляді прямого і перевернутого усічених конусів, що забезпечує розміщення завантаженої стружки в нижній частині. Рухома робоча частина 4 пристрою також виготовлена у вигляді усічених прямого і зворотного конусів, у верхній частині якої установлений палець 5 з конусною поверхнею для установки і кріплення у шпинделі 6 верстату (аналогічно різальному інструменту з конусним хвостовиком).

Робочі частини конусних поверхонь дробарки виготовлені з міцного матеріалу (можливе використання швидкоріжучої сталі, або змінних елементів з твердого сплаву). В нижніх частинах виконані отвори для просипання подрібненого матеріалу в ємність з шнековим конвеєром, який установлюється в нижній частині корпусу 2 пристрою. Для обертання шнеку і переміщення подрібненого матеріалу в накопичувальні ємності використовується електродвигун 7.

Як відмічалось раніше, управління процесом подрібнення може виконуватись елементами управління верстатом вручну, а у випадках використання верстату з ЧПК - по

відповідній керуючій програмі, підготовленій з урахуванням властивостей матеріалу, який подрібнюється.

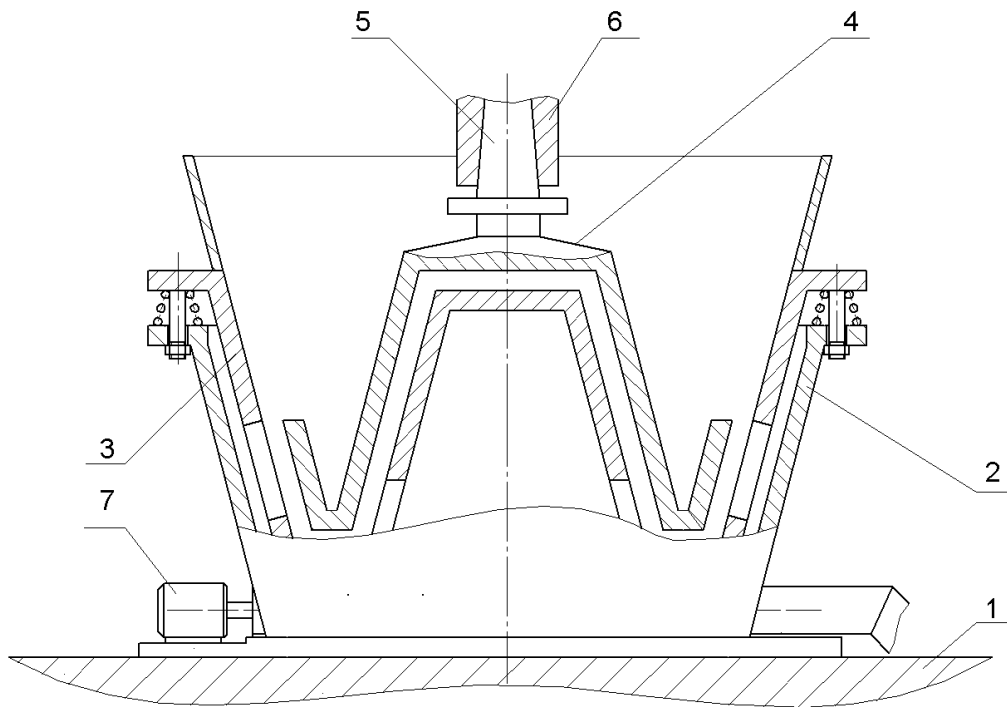


Рис. 1. Схема подрібнювача металевої стружки

Можливість управління режимами процесу подрібнення створює умови для розробки і використання «індивідуальних» технологій подрібнення, в залежності від типу матеріалу, вимог до подрібнення та бажаної продуктивності.

Література

1. Молоткова стружкодробарка ТС Birim Makina. Каталог ООВ «Браггер Сервіс». Технічна документація на пристрій.

2. Патент на корисну модель України. Заявка №202405301 від 07.11.2024. Пристрій для подрібнення матеріалу.

ДІАГНОСТИКА ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК З ГОРИЗОНТАЛЬНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ШПИНДЕЛЯ

Коротков В.С., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет

Металообробка на фрезерних верстатах супроводжується виникненням зусиль різання, які діють на верстат, пристосування, інструмент і деталь (елементи системи ВПД). В результаті виникають пружні деформації елементів, які їх сприймають, що призводять до виникнення похибок обробки. Тому виникає необхідність моделювання процесів обробки для отримання даних щодо податливості елементів верстату [1].

Одним з можливих варіантів діагностики технічного стану верстату з ЧПК є імітація робочого навантаження і аналіз реакції технологічної системи ВПД. Для визначення технічного стану фрезерного верстату з горизонтальним розміщенням шпинделя розроблений діагностичний пристрій [2], схема якого представлена на рис. 1.

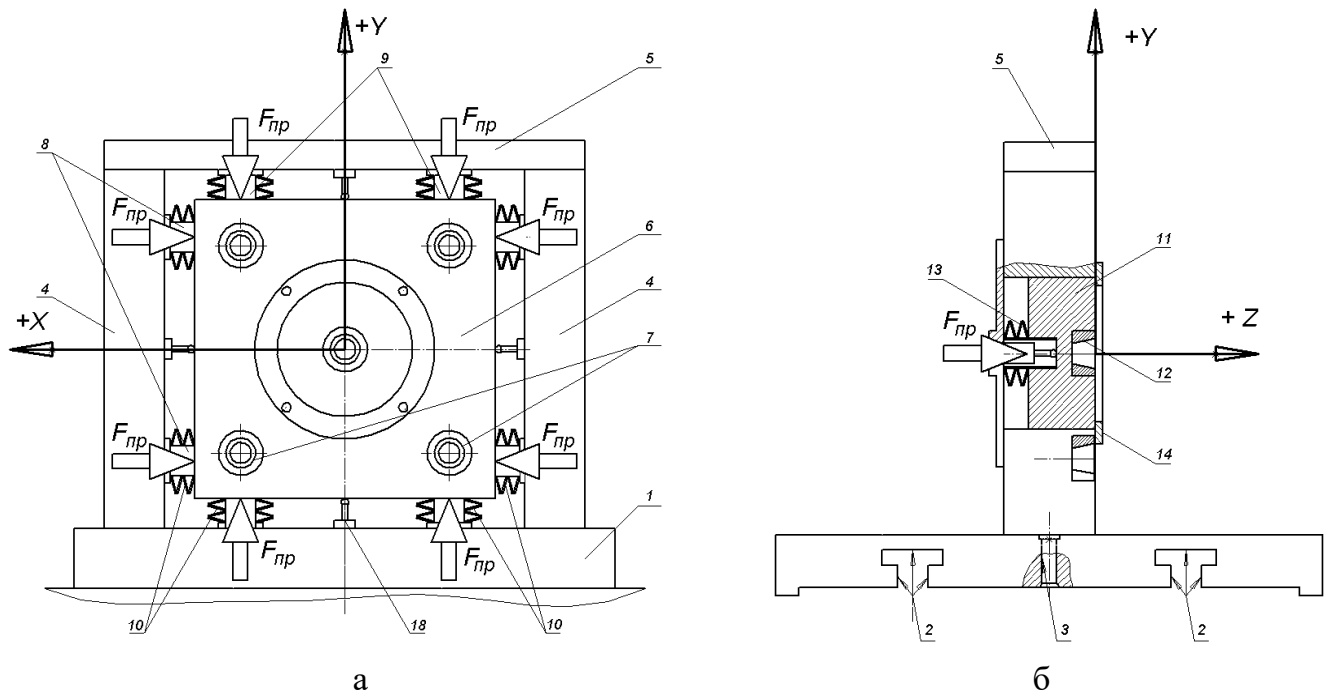


Рис. 1. Схема діагностичного пристрою (а – вид спереду; б – вид збоку)

Основа 1 пристрою виконана з Т-подібними направляючими поверхнями 2 і базовим отвором 3 для орієнтації пристрою на верстаті за допомогою фіксуючих штирів, у відповідності до діючих стандартів. На основі установлені дві вертикальні направляючі стойки 4 з перекладною 5, в середині якої розміщена рухома в площині Х У вимірювальна плита 6 з контактними втулками 7 з конусними отворами в центральній частині.

Можливість обмеженого переміщення вимірювальної плити по координаті Х забезпечується направляючими 8, а по координаті У - ковзними опорами з пальцями 9. Утримання вимірювальної плити 6 в центральній частині пристрою забезпечується пакетами тарілчастих пружин 10 сумарним зусиллям $F_{пр}$.

В середині вимірювальної плити 6 розміщений вимірювальний стакан 11 з можливістю обмеженого переміщення по координаті Z, в центральній частині якого установлена контактна втулка 12. Пакет тарілчастих пружин 13 притискає вимірювальний стакан до планки 14 і забезпечує його точне позиціонування.

Для імітації робочих навантажень використовується вимірювальна оправка 15, яка має з однієї сторони конусний хвостовик 16, призначений для установки в шпиндель верстату, а з іншої сферичний наконечник 17, призначений для введення в конусний отвір контактних втулок (рис. 2).

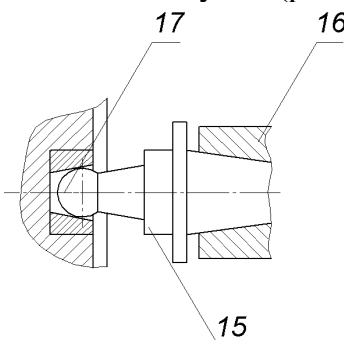


Рис.2. Контакт вимірювальної оправки з конусним отвором втулки

Для заміру величини переміщень в площині ХУ вимірювальної плити 6 і вимірювального стакану 11 по координаті Z в пристрої установлені прибори точного вимірювання лінійних переміщень 18 (чотири з кожної сторони вимірювальної плити 6 і один з внутрішньої сторони вимірювального стакану 11).

Для визначення точності позиціонування рухомих частин верстату в ручному режимі чи по керуючій програмі сферичний наконечник 17 вимірювальної оправки вводиться в конусний отвір контактної втулки, після чого вимірювальні пристрої (вимірювальна система) устанавливаються в похідне положення. Дані вимірювальних пристроїв використовуються для

обчислення точності виходу вимірювальної оправки в заздалегідь відому координату в площині XY, або по координаті Z.

Використання пристрою в умовах виробництва з серійними металорізальними верстатами з ЧПК, з горизонтальним розташуванням шпинделя, дає змогу своєчасно виявити відхилення параметрів верстату від паспортних даних і своєчасно виконати роботи по усуненню виявлених відхилень.

Література

1. Korotkov V.S. Modelirovaniye rabochey nagruzki na tekhnologicheskuyu sistemu stanka s CHPU. Mat. Mod. 2017. №2. S. 53-55.
2. Діагностичний пристрій для металорізальних верстатів з числовим програмним керуванням. Патент №155914 (Україна). Опубліковано 17.04.2024, Бюл. №14.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТАЛООБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Коротков В.С., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет

Обробка різанням на верстатах з ЧПК виконується по керуючій програмі (КП), у якій записані всі робочі і допоміжні рухи різального інструменту в системі координат конкретного верстата. Для досягнення високої ефективності КП повинна містити найкращі умови формоутворення поверхонь деталей шляхом обробки різанням на відповідних режимах. Для досягнення такої мети технічний стан верстата повинен відповідати паспортним даним, а використовувані пристосування і інструменти відповідати вимогам по точності їх установки і жорсткості конструкції. Навіть при ідеальних умовах підготовки металообробки діють сили різання, від яких виникають пружні деформації. Сумарні деформації всіх складових технологічної системи формують похибки обробки. Специфічною особливістю похибок від деформацій є певні розбіжності даних навіть на верстатах однієї моделі при використанні стандартного оснащення. Тому виникає необхідність періодичних досліджень кожного верстату на податливість його складових.

Дані щодо пружних деформацій можна отримати шляхом імітації робочих навантажень на верстаті і замірювання фактичних величин відхилення його елементів. Для цього можуть бути задіяні відповідні діагностичні пристрої. У подальшому при використанні математичних моделей створюється можливість прогнозування поведінки верстату при різних робочих навантаженнях. Отримані дані можуть бути використані на стадії підготовки КП для введення компенсуючих поправок в траєкторію руху формоутворюючого інструменту.

На токарних верстатах робоча зона, в якій виникають сили різання, розташовується з однієї сторони від осьової лінії, а формоутворення поверхонь деталей здійснюється різальним інструментом, який знаходиться також в робочій зоні і навантажується силами різання. Схема розміщення робочої зони токарного верстату, як приклад, показана на рис. 1.

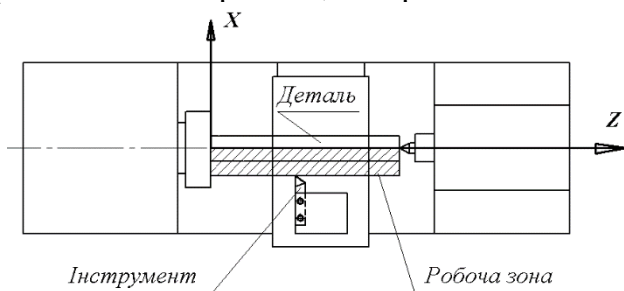


Рис. 1. Схема токарного верстата з ЧПУ

При випробуванні верстату такої компоновки імітаційні зусилля також необхідно створювати у робочій зоні верстату. Для зручності запису даних щодо вимірних пружних деформацій і побудови моделі податливості можна використовувати сплайни. Наприклад будується сплайн виду $(S(X, t), S(Z, t))$, який є носієм даних про податливість технологічної системи.

Схема дії зусиль в межах елементарних площадок, що імітують навантаження, представлена на рис. 2. В координатній системі токарного верстата XZ умовно представлена

прямокутна площадка з центром Oxz , де створюються імітаційні зусилля R_i в певних напрямках (у даному випадку через 45 градусів) і визначаються координати точок M_i , що характеризують зміщення у просторі. Через отримані точки M_i будується інтерполяційний сплайн виду $(S(X, t), S(Z, t))$, який є носієм даних про податливість технологічної системи.

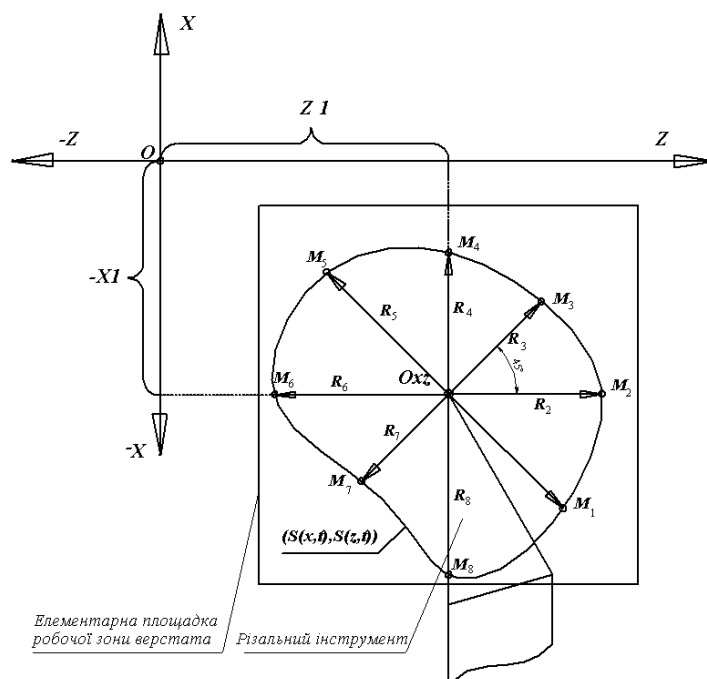


Рис. 2. Будова сплайна податливості по результатам імітаційних навантажень

Після проведення випробувань отримані результати зручно представити у вигляді векторів R у полярній системі відліку, модуль яких відповідає величині деформації, а кут – напрямку дії зусиль (напряму і величину пружної деформації). Для зменшення кількості векторів можна обмежитись найактуальнішими напрямками. Отримана таким чином інформація може бути представлена сімейством сплайнів, що показує очікувану картину пружних деформацій в широкому діапазоні зусиль і їх дії у різних напрямках (рис.3).

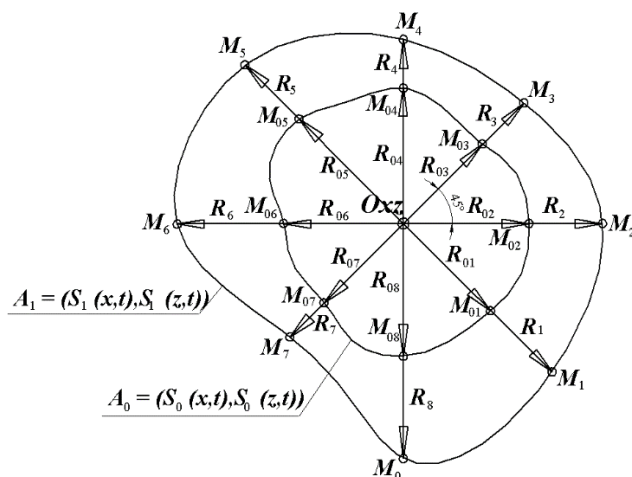


Рис. 3. Модель податливості верстата при імітації навантажень (двома зусиллями)

Запропонована модель податливості верстата може бути ефективно використана при автоматизованому процесі підготовки КП, наприклад при використанні CAD/CAM систем. У таких випадках спрощується пошук оптимальних варіантів технології обробки складних за геометричною формою деталей на верстатах з ЧПК.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ТПК-125 З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Коротков В.С., к.т.н., доцент, Сітало Б.Р., магістр

Дніпровський державний технічний університет

На сьогоднішній день більшість всіх обробок деталей різанням виконується на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Токарні верстати з ЧПК є найбільш поширеними.

Одним з шляхів рішення питань по вдосконаленню металообробки на верстатах з ЧПК є модернізація окремих верстатів з метою розширення їх технологічних можливостей. У зв'язку з цим була проведена робота по пошуку можливих шляхів розширення технологічних можливостей добре зарекомендованого верстату з ЧПК моделі ТПК-125.

З урахуванням аналізу багаторічного досвіду експлуатації таких верстатів і особливостей його конструкції була поставлена мета модернізувати шпиндельний вузол верстата для забезпечення можливості використання пневматичних цангових патронів.

При використанні таких патронів, наприклад з пневматичним приводом, суттєво підвищуються технологічні можливості верстату, а використання сучасних пневматичних патронів (різного типу) для затиску заготовок у автоматичному режимі значно підвищує гнучкість, точність і продуктивність металообробки.

Конструкція шпиндельного вузла базової моделі верстата дозволяє внести певні зміни в конструкцію, що забезпечить можливість подачі стисненого повітря через шпиндель на пневматичний патрон. В особистості, був вибраний шлях введення в вузол допоміжного шпинделя, який установлюється на підшипниках кочення, з однієї сторони якого передбачено посадкове місце для приводного шківа з плоскопасовою передачею, а з іншого - штуцер для кріплення гумових ущільнень.

Особливістю розробленої конструкції допоміжного шпинделя є виконання посадочного місця для базової конструкції шківа з отвором для подачі стисненого повітря $\Phi 35\text{мм}$ з одної сторони і кріплення стандартної муфти з іншої.

Для подачі на основний шпиндель і далі на пневматичний патрон стисненого повітря в деталі передбачений осьовий отвір. В розробленій конструкції деталі ущільнюючі деталі виконують роль підшипника ковзання. Таке конструктивне рішення забезпечує нерухомість штуцера під час передачі обертового моменту.

У розробленому допоміжному шпинделі, як було зазначено раніше, передбачено використання шківу, який передає обертовий момент за допомогою шпонкового з'єднання (використовуються дві призматичні шпонки). З протилежної сторони в конструкції шпинделя допоміжного передбачено розташування ніпеля. Він призначений для герметичного з'єднання з циліндричною поверхнею отвору на основному шпинделі (використовується ущільнювач).

На зовнішній поверхні $\Phi 40\text{мм}$ допоміжного шпинделя установлюються два кулькові радіальні підшипники. При виготовленні деталі ця поверхня повинна мати шорсткість не гірше як $Ra_{1,25}$. Додаткові вимоги при виготовленні - вимоги щодо осьового биття, яке повинно бути не більше як $0,01\text{мм}$.

При виборі матеріалу для шпинделя допоміжного ураховано те, що це є найбільш відповідальна деталь верстату. У відповідності до рекомендацій для виготовлення деталі передбачено використання якісної сталі 41Cr4, яка є аналогом сталі 40Х ГОСТ 4543-71. Цей матеріал забезпечує необхідну міцність деталі і можливість гартування поверхонь (для установки підшипників) перед шліфуванням. Маса готової деталі складає $1,51\text{кг}$.

Для установки стопорних кілець на зовнішній циліндричній поверхні шпинделя передбачені канавки.

На рис.1 показаний фрагмент креслення шпинделя допоміжного для токарного верстату ТПК-125, яке виконано з використанням засобів автоматизації проектування.

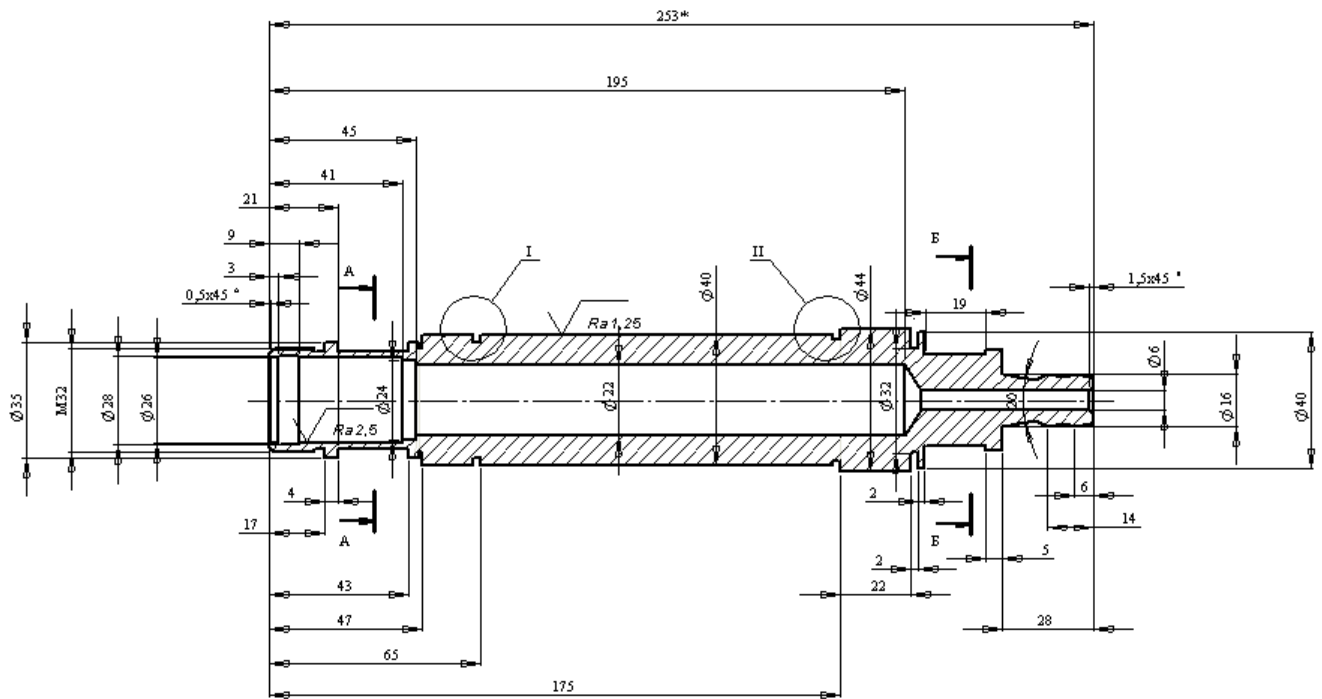


Рис. 1. Фрагмент креслення шпинделя допоміжного

Розроблена конструкція деталі орієнтована на можливе виготовлення в умовах серійного виробництва в механічному цеху машинобудівного підприємства.

Практичний досвід використання верстатів ТПК-125 в умовах серійного завантаження говорить про порівняно добрий стан механічної частини і морально застарілий стан системи ЧПК. Тому варіант запропонованої модернізації верстату, метою якого є розширення технологічних можливостей, дає змогу продовжити використання перевірених часом верстатів даної моделі при виготовленні високоточних виробів. У випадку заміни системи ЧПК і приводів на сучасні системи, верстат ТПК-125 може ефективно використовуватись на виробництві ще багато років.

Література

1. Верстат токарний підвищеної точності моделі ТПК-125. Технічна документація заводу-виготовника.
2. Металорізальні верстати. Навчальний посібник/ В.М. Бочков, Р.І. Сілін, О.В. Гаврильченко / За ред Р.І. Сіліна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 268 с.
3. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник/ За ред. Сіліна Р.І. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2008. 448 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЗНОШУВАННЯ АБРАЗИВНИХ ГРАНУЛ

Шумакова Т.О., к.т.н., доцент, Романченко О.В., к.т.н., доцент,

Ніколаєнко А.П., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вібраційна обробка у вільному абразивному середовищі має широкі можливості. Її застосовують для очищення литих і штампованих деталей, видалення нагару та забруднень, а також для фінішної обробки поверхонь. Завдяки високій стабільності результатів, вона добре підходить для завершального етапу обробки. Особливістю процесу є відсутність жорсткого контакту між деталлю та інструментом (абразивними гранулами та рідким хімічно-активним середовищем), що усуває недоліки традиційного шліфування. Однією з важливих переваг, в порівнянні з традиційним шліфуванням є відсутність прив'язки форми оброблюваної поверхні з формою інструменту, відсутність фактору перегріву інструменту та деталі в зоні, а отже, мінімізуються зношування через тепло, дифузію чи адгезію. Водночас знос абразивів при вібраційних методах обробки залишається ключовим фактором, що впливає на витрати, якість і продуктивність процесу і тому потребує додаткової уваги дослідників.

Метою досліджень даної роботи було встановлення шляхом теоретичних та експериментальних досліджень геометричних параметрів абразивних гранул, що дозволять досягти найбільшої продуктивності вібраційної обробки з забезпеченням зносостійкості форми абразивних гранул.

Основною задачею для забезпечення ріжучих властивостей абразивних гранул є дослідження закономірностей зношування робочого середовища з метою прогнозування та управління стабільністю процесу вібраційної обробки, знаходження таких геометричних параметрів гранул, за формою і розміром яких можна було б судити про продуктивність процесу зняття металу.

Для вирішення поставленої задачі було проведено ряд експериментальних досліджень для чого використовувалися зразки чотирьох груп. Всі групи зразків було виготовлено зі сталі 3 (ДСТУ 2651:2005). Зразки першої групи мали форму пластин з розмірами $50 \times 40 \times 5$ мм. Зразки 2-4 груп були виготовлені у формі порожнистих циліндрів з розмірами: $\varnothing 40 \times 25 \times 5$ мм; $\varnothing 25 \times 25 \times 5$ мм і $\varnothing 17 \times 25 \times 5$ мм. Обробка всіх зразків проводилась на вібраційному верстаті моделі УВИ-25 з U-подібним контейнером з режимами коливань: амплітуда $A=3,5$ мм і частота $\omega = 50$ Гц. Дослідження з визначення впливу форми абразивних гранул на зняття металу з поверхонь зразків і оцінка їх зносу в процесі роботи проводились протягом 120 хв, дослідження зі зміни радіусів округлення гострих кромek гранул – протягом 240 хв (кожні 30 хв здійснювалося контрольне зважування зразків і гранул, вимірювання радіусів округлення гострих крайок гранул). При виконанні експериментальних досліджень, використовувалися абразивні гранулами в формі конусів, пірамід, які мали в основі квадрат (П4), неопуклий шести- (П6) та восьмикутник (П8), а також пірамід, що мали в основі неопуклий восьмикутник у формі «мальтійського хреста» (П8(МК)).

За результатами експериментальних досліджень зносу абразивних гранул різних геометричних форм було встановлено зв'язок між продуктивністю вібраційної обробки та зносом гранул (рис. 1, 2). З аналізу діаграм видно, що на продуктивність процесу вібраційної обробки, за інших однакових умов, найбільший вплив має форма гранул (а саме кількість ребер і поверхонь певного розміру). Зі збільшенням кількості ребер збільшується знімання металу з поверхонь оброблюваних зразків як циліндричної, так і плоскої форми.

Також, встановлено, що гранули, які мають різну форму (при однакових складових компонентах та масі), під впливом одних і тих самих коливань зношуються по-різному. Найбільшого зношування з втратою своєї первинної геометричної форми зазнають гранули

у формі П8 та П8(МК), в порівнянні з конусами зношування вище на 10 і 24 % відповідно. Гранули у формі конусів, П4 і П6, в процесі роботи зберігали свою форму і зношуються менш інтенсивно (в порівнянні з конусами – на 2 і 7 % більше відповідно).

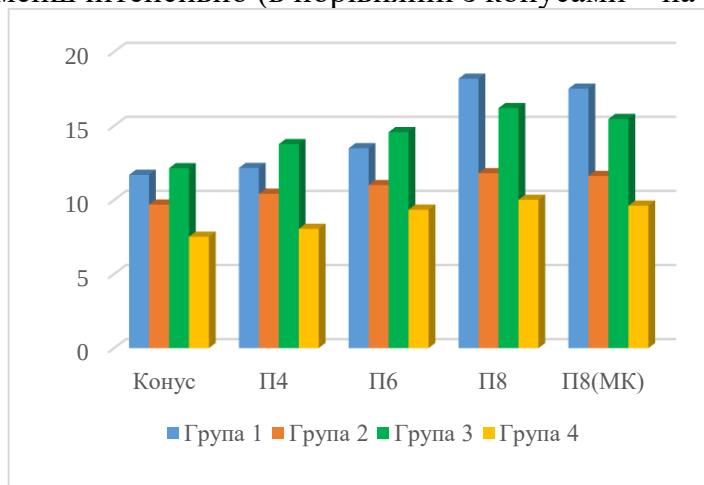


Рис. 1 – Діаграми залежності зняття металу від форми абразивних гранулах (середньоарифметичне значення за 30 хв), $\text{г/мм}^2 \cdot 10^{-6}$

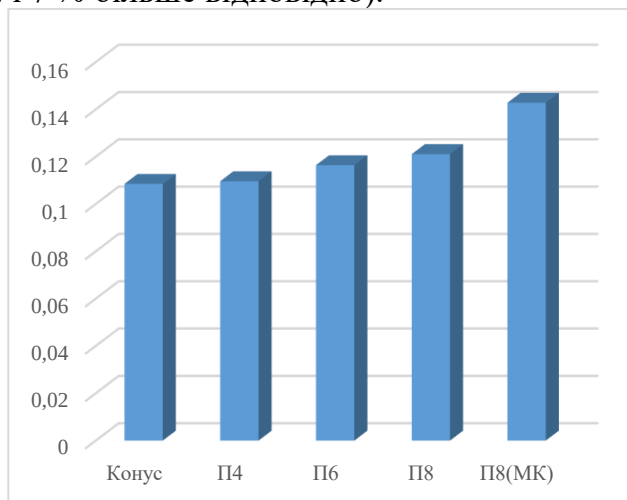


Рис. 2 – Діаграми залежності зношування абразивних гранулах від її форм (середньоарифметичне значення за 30 хв), г

В результаті проведених спостережень за процесом зношування та зміни форми досліджуваних абразивних гранул встановлено, що для забезпечення високої зносостійкості необхідно, аби кути гранул, що утворюють внутрішні поверхні (грані гранули), були більшими за 47° і меншими за 135° (цей висновок було обумовлено геометрією досліджуваних гранул). Кути, що утворюють ребра гранули, мають бути гострими й їх величина має бути рівною 60° , оскільки при менших значеннях спостерігалось підвищене зношування, а при більших – низька продуктивність гранул (обумовлено результатами експериментальних досліджень, що проводилися в роботі). При цьому грані, що утворюють ці кути, мають бути доступними і мати достатній площу поверхні для ефективного взаємного контакту з деталями і іншими гранулами.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗМІШУВАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АДАПТИВНИХ ПІД-КОНТРОЛЕРІВ

Горло Д.В., аспірант кафедри КІСУ,

Целіщев О.Б., професор кафедри КІСУ, д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасному фармацевтичному виробництві процес змішування є одним з найенергоємніших етапів. Традиційні системи управління часто працюють у неоптимальних режимах, що призводить до надмірних витрат електроенергії. У цій статті досліджується вплив комп'ютерно-інтегрованих систем контролю (КІСУ) на енергоефективність роботи змішувачів, зокрема за рахунок впровадження адаптивних ПІД-регуляторів та алгоритмів прогнозного управління.

Проблематика енерговитрат у процесі змішування

Основні джерела неефективності:

1. Неоптимальні режими роботи двигунів (постійна швидкість при змінному навантаженні).
2. Втрати енергії на подолання в'язкості при зміні властивостей суміші.

3. Надмірне теплоутворення через тривалий час змішування.

Дослідження показують, що до 25% енергії витрачається даремно через відсутність динамічного регулювання.

Складова КІСУ для енергоефективного змішування

Запропонована система включає:

3.1. Адаптивний ПІД-регулятор

Структура:

$$u(t) = K_p(t)e(t) + K_i(t) \int e(t)dt + K_d(t) \frac{de}{dt},$$

де параметри K_p , K_i , K_d коректуються в реальному часі на основі даних про:

- В'язкість суміші (дані від віскозиметра).
- Температуру (термопара).
- Навантаження на двигун.

Переваги:

- Зменшення енергоспоживання на 15-20% порівняно з класичним ПІД.
- Менше нагрівання обладнання.

3.2. Прогнозуюче управління (MPC)

- Використовує модель процесу для передбачення оптимальної швидкості змішування.

- Ефект: скорочення часу циклу на 10% та енергії на 8%.

3.3. Інтелектуальний аналіз даних

- ML-алгоритми аналізують історичні дані для визначення найефективніших режимів.

Результати експерименту

Дослідження проводилися на змішувачі об'ємом 500 л (виробництво антибіотиків):

Параметр	Класичний ПІД	Адаптивна КІСУ
Середнє енергоспоживання, кВт·год/цикл	12,4	9,8 (-21%)
Час циклу, хв	45	40 (-11%)
Температура суміші, °C	36	28 (-12,5%)

Висновки

1. Впровадження адаптивних ПІД-контролерів дозволило знизити енергоспоживання на 20-25%.

2. Інтеграція MPC та ML підвищила точність управління та зменшила термічні навантаження.

3. Система є масштабованою для інших процесів (наприклад, гранулювання).

Перспективи:

- Використання нейромереж для корекції параметрів у реальному часі.
- Інтеграція з промисловими IoT-платформами.

Література

1. Åström, K. J., & Hägglund, T. (2006). *Advanced PID Control*. Research Triangle Park, NC: ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society.

2. Leuenberger, H. (2010). *Pharmaceutical Process Engineering* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

3. Qin, S. J., & Badgwell, T. A. (2003). A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice*, 11(7), 733-764.

4. United States Patent and Trademark Office. (2017, October 10). *System and method for adaptive mixing control* (U.S. Patent No. 9,784,123 B2).

СУЧАСНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ВІДЕООБРОБКИ

Карпенко А.П., аспірант кафедри ІТтаП,

Целіщев О.Б., професор кафедри КІСУ, д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасні завдання обробки відеоінформації часто супроводжуються високими вимогами до швидкодії та точності. Наступ камер з високою частотою кадрів та збільшеною роздільною здатністю спричинив потребу у нових структурах цифрових фільтрів, що забезпечують обробку в режимі реального часу.

Цифрові фільтри є ключовими елементами опрацювання відео — особливо для задач, що вимагають швидкої реакції: автоматизована інспекція, системи візуалізації у медицині, автономні системи навігації. Залежно від типу шумів та природи відеосцен, використовуються різні типи фільтрів: гаусові, медіанні, адаптивні, білінійні та вейвлетні. Кожен тип має свої переваги щодо згладжування, збереження контурів або придушення імпульсного шуму.

У цьому контексті сучасна технологія формування цифрових фільтрів поєднує два рівні: алгоритмічний та апаратний. Перший відповідає за точність, гнучкість та адаптивність обробки, а другий забезпечує необхідну пропускну здатність, масштабованість і обчислювальну ефективність. Реалізація фільтрів на платформах FPGA, GPU та ASIC відкриває можливості для побудови високошвидкісних систем обробки відео в реальному часі з мінімальними затримками.

Одним із ключових напрямів є синтез гібридних фільтрів, що поєднують переваги лінійних методів (наприклад, FIR-фільтрів) із властивостями нелінійних (медіанних або морфологічних) алгоритмів. Такий підхід дозволяє підвищити точність обробки в умовах складних шумових завад без надмірного ускладнення обчислювального процесу.

Подальший розвиток цієї галузі спрямований на автоматизоване проектування адаптивних фільтрів із використанням high-level synthesis. Серед найпопулярніших середовищ — MATLAB HDL Coder, Xilinx Vivado HLS, Intel HLS Compiler, які дозволяють генерувати оптимізований код для апаратної реалізації на FPGA або GPU. Це прискорює розробку, знижує вимоги до ручного програмування і дає змогу проектувати системи з урахуванням обмежень на швидкодію, енергоспоживання та обсяг пам'яті.

Особливе значення має підтримка багаторівневої обробки та змішаних фільтраційних структур — наприклад, поєднання просторової фільтрації з перетвореннями (вейвлет, косинусне, Чебишевське). Такі рішення добре масштабуються на багатоядерних системах і дозволяють фільтрувати як локальні, так і глобальні шуми, що притаманні високошвидкісному відео.

Крім того, впровадження елементів машинного навчання (наприклад, CNN для покращення зображення) дозволяє створювати інтелектуальні фільтраційні модулі, здатні адаптуватися до поточних характеристик сцени та динамічно налаштовувати обробку. Це особливо актуально у медичній візуалізації, системах відеоспостереження, автономних транспортних засобах, де якість та швидкість аналізу відео є критичними факторами.

Отже, сучасна інформаційна технологія формування цифрових фільтрів для високопродуктивної відеообробки ґрунтується на тісній інтеграції програмних і апаратних рішень. Завдяки гнучким методам синтезу, використанню спеціалізованих апаратних платформ та інтелектуальних алгоритмів обробки, стає можливим досягнення високої якості відео при збереженні ресурсної ефективності та обробці в режимі реального часу. Такий підхід відкриває нові горизонти для застосування цифрових фільтрів у критично важливих системах аналізу відеоінформації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ КОЛОНОЮ СИНТЕЗУ У ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ

Гурін О.М., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Виробництво метанолу є важливим технологічним процесом у хімічній промисловості. Однією з ключових стадій є синтез метанолу в реакційній колоні, де відбувається каталітичне перетворення синтез-газу ($\text{CO} + \text{H}_2$) у метанол (CH_3OH). Ефективне управління цим процесом вимагає автоматизації для забезпечення оптимальних параметрів (тиску, температури, співвідношення компонентів), що впливають на вихід продукту та енергоефективність.

Структура автоматизованої системи управління (АСУ)

Сучасні АСУ колони синтезу метанолу включають:

1. Датчики (сенсори) – вимірюють тиск, температуру, витрату газу, концентрацію компонентів.
2. Регулятори (ПД-алгоритми) – підтримують задані параметри.
3. Виконавчі механізми – клапани, насоси, теплообмінники.
4. SCADA-системи – візуалізація та дистанційне керування.



Рис. 1. Схема автоматизації колони синтезу метанолу

Математичне моделювання процесу

Динаміка колони синтезу описується системою диференціальних рівнянь. Наприклад, тепловий баланс можна представити як:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{in} - Q_{out} + r \cdot \Delta H}{m \cdot C_p} \quad (1)$$

де:

- dT – температура у колоні,
- Q_{in} , Q_{out} – теплові потоки,
- r – швидкість реакції,
- ΔH – теплота реакції,
- m – маса каталізатора,
- C_p – теплоємність.

Оптимізація управління

Для підвищення ефективності використовуються:

- Адаптивні ПІД-регулятори – компенсують зміни параметрів.

- Нейронні мережі та прогноуюче управління (МРС) – передбачають поведінку системи.

- Енергоефективні стратегії – мінімізація витрат на охолодження/нагрів.

Автоматизація колони синтезу метанолу дозволяє підвищити продуктивність, зменшити енерговитрати та забезпечити стабільність процесу. Використання сучасних алгоритмів управління (МРС, ПІД) та цифрових технологій (ІоТ, АІ) відкриває нові можливості для оптимізації виробництва.

Література

1. Luyben, W. L. (2019). Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers. McGraw-Hill.
2. Smith, C. A., & Corripio, A. B. (2005). Principles and Practice of Automatic Process Control. Wiley.
3. Seider, W. D., et al. (2016). Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis, and Evaluation. Wiley.

ВИКОРИСТАННЯ ПІД-РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО РІВНЯ СЛАБКОГО РОЗЧИНУ АМІАКУ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

Кобзар О.П., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасному виробництві аміачної селітри критично важливим є підтримання стабільного рівня слабкого розчину аміаку у сховищах. Це забезпечує безперервність технологічного процесу, зменшує витрати сировини та підвищує якість кінцевого продукту. Традиційні системи ручного регулювання не завжди ефективно справляються із швидкими змінами параметрів, що обумовлює необхідність впровадження автоматизованих систем управління.

1. Особливості процесу та проблеми регулювання

Процес підтримання рівня слабкого розчину аміаку характеризується:

Нелінійністю через змінні властивості розчину

Наявністю зовнішніх збурень (зміни тиску, температури)

Затримками у системі через великий об'єм сховища

Основні проблеми:

1. Коливання рівня при зміні витрати
2. Перерегулювання при різких змінах параметрів
3. Необхідність точної стабілізації ($\pm 2\%$ від заданого значення)
2. Математична модель системи
3. Для опису динаміки зміни рівня використовується рівняння балансу маси:

$$dH/dt = (Q_{вх} - Q_{вих})/A \quad (1)$$

де: H - рівень розчину (м) $Q_{вх}$ - вхідна витрата (m^3/c)

$Q_{вих}$ - вихідна витрата (m^3/c)

A - площа перерізу сховища (m^2)

Передатна функція об'єкта:

$$W(s) = K/(Ts+1)e^{(-\tau s)} \quad (2)$$

де: K - коефіцієнт підсилення

T - стала часу

τ - час транспортного запізнення

4. Синтез ПД-регулятора
5. Для стабілізації рівня запропоновано ПД-регулятор з алгоритмом:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d de(t)/dt \quad (3)$$

де:

$e(t) = H_{зад} - H(t)$ - похибка регулювання

K_p, K_i, K_d - параметри налаштування

4. Методика налаштування параметрів
5. Для визначення оптимальних параметрів регулятора використано:
 1. Метод Циглера-Нікольса
 2. Частотний метод
 3. Оптимізаційні алгоритми (мінімізація ISE)

Отримані оптимальні параметри:

$K_p = 2.5$

$K_i = 0.8$

$K_d = 1.2$

4. Результати моделювання
5. Моделювання в MATLAB/Simulink показало:

Час переходного процесу: 45 с

Перерегулювання: <5%

Статична похибка: 0%

Ступінь затухання: 0.9

6. Практична реалізація

Система включає:

1. Датчики рівня (ультразвукові)
2. Виконавчі механізми (регулюючі клапани)
3. ПЛК з реалізацією ПД-алгоритму
4. SCADA-систему для моніторингу

Висновки

1. Впровадження ПД-регулятора дозволило забезпечити стабільність рівня з точністю $\pm 1.5\%$
2. Зменшено витрати аміаку на 8-12%
3. Підвищено якість кінцевого продукту
4. Запропонована система може бути адаптована для аналогічних процесів

Перспективи дослідження

1. Впровадження адаптивних ПД-регуляторів
2. Використання методів штучного інтелекту для прогнозування змін
3. Інтеграція з MES-системами підприємства

Література

1. Астафьев А.В. "Автоматизация химических производств". - К.: Техніка, 2018.
2. Smith C.A. "Automated Continuous Process Control". - Wiley, 2017.
3. Патент UA №12345 "Спосіб регулювання рівня розчинів у хімічному виробництві".

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ (КІСУ) ПРОЦЕСОМ РОЗКЛАДАННЯ КАРБАМАТУ У ВИРОБНИЦТВІ КАРБАМІДУ

Кобзарев Є.В., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Карбамід (сечовина, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) — важливий продукт хімічної промисловості, який використовується як азотне добриво та сировина для синтезу полімерів. Ключовим етапом його виробництва є розкладання карбамату амонію $(\text{NH}_2\text{COONH}_4)$, яке відбувається у випарних апаратах під високою температурою (120–160°C) і тиском (15–25 атм).

Проблематика:

- Нестабільність процесу через чутливість до змін температури, тиску та концентрацій.

- Високі енерговитрати на випарювання.

- Риск кристалізації карбамату у трубопроводах.

Мета статті: Дослідити вплив автоматизації на ефективність процесу за допомогою комп'ютеризованої інтегрованої системи управління (КІСУ).

2. Структура КІСУ для процесу розкладання карбамату

Система включає три рівні управління:

2.1. Рівень датчиків та виконавчих механізмів

Датчики:

- Температури (термопари на виході з реактора).

- Тиску (п'єзоелектричні сенсори).

- Концентрації NH_3 та CO_2 (ІЧ-спектрометри).

Виконавчі пристрої:

- Регулюючі клапани витрати пари.

- Насоси рециркуляції рідкого карбамату.

2.2. Рівень автоматичного регулювання

ПІД-регулятори для:

- Стабілізації температури у випарнику:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

де $e(t) = T_{\text{задана}} - T_{\text{фактична}}$.

- Оптимізації тиску (каскадне регулювання).

2.3. Рівень SCADA/MES

- Моніторинг: Графіки реального часу (тиск, температура, витрата).

- Аварійні сигнали: При критичних відхиленнях.

- Інтеграція з ERP-системами для аналізу ефективності виробництва.

3. Математична модель процесу

Динаміка розкладання карбамату описується рівняннями:

3.1. Тепловий баланс випарника

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{витрати}} - \Delta H \cdot r}{m \cdot C_p}, \quad (2)$$

де:

- $r = k \cdot [\text{NH}_2\text{COONH}_4]$ — швидкість реакції,

- ΔH — ентальпія розкладання (≈ 100 кДж/моль).

3.2. Кінетика реакції

$$\frac{d[NH_2COONH_4]}{dt} = -k \cdot [NH_2COONH_4], \quad k = Ae^{-E_a/RT}. \quad (3)$$

Застосування КІСУ дозволило:

- Підвищити вихід карбаміду на 12% за рахунок точної стабілізації температури.
- Зменшити енерговитрати на 18% (оптимізація використання пари).
- Уникнути аварійних зупинок через автоматичне керування тиском.

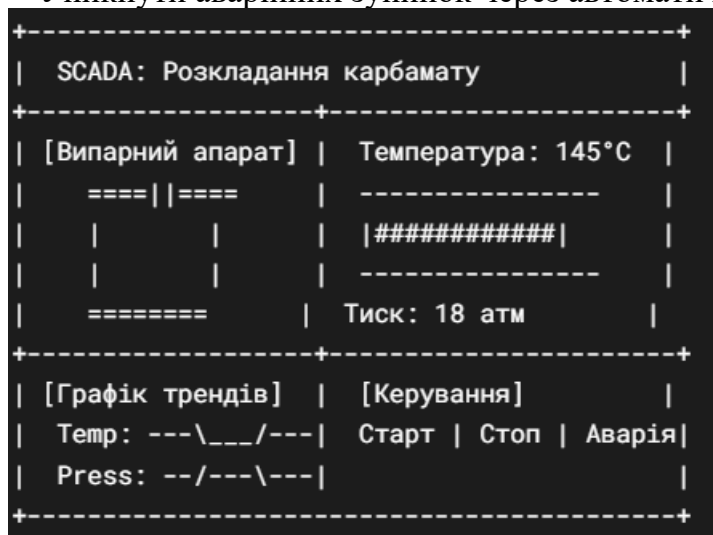


Рис. 1. Інтерфейс SCADA для моніторингу параметрів процесу.

5. Висновки

1. КІСУ забезпечує стабільність процесу розкладання карбамату.
2. Використання прогнозуючих алгоритмів (МРС) може подальше знизити енергоспоживання.
3. Інтеграція з штучним інтелектом для аналізу великих даних — перспективний напрямок.

Література

1. Збанацький, Ю.П. (2020). Автоматизація хімічних виробництв. Львів: НУ "Львівська політехніка".
2. Smith, J.M. (2018). Chemical Engineering Kinetics. McGraw-Hill.
3. Патент UA №123456 "Спосіб автоматичного керування розкладанням карбамату".

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОМПРЕСОРОМ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА СТИСНЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Чекалов В.О., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасна енергетична галузь вимагає вискоєфективних та надійних технологій обробки і транспортування палива. Стиснений природний газ (СПГ) є одним з екологічно безпечних і економічно вигідних видів палива. Одним із ключових етапів його виробництва є компресія, яка потребує точного і стабільного керування для забезпечення ефективності та безпеки процесу. Комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ) відкривають нові можливості для автоматизації та оптимізації цього процесу.

Мета роботи

Розробити та дослідити складну комп'ютерно-інтегровану систему управління компресором у виробництві СПГ, що забезпечує високу точність, гнучкість і енергоефективність.

Основні компоненти системи

1. Вимірювальні елементи: датчики тиску, температури, витрати газу, вібрації.
2. Програмований логічний контролер (PLC): реалізація базових алгоритмів управління.
3. Система SCADA: візуалізація процесу, архівація даних, віддалене управління.
4. Модуль оптимізації: впровадження адаптивних або предиктивних алгоритмів на базі математичної моделі процесу компресії.
5. Інтерфейси зв'язку: протоколи Modbus, OPC UA для інтеграції з іншими виробничими системами.

Підходи до управління

- Класичне ПД-регулювання: базовий метод контролю за тиском і температурою.
- Модельно-орієнтоване управління (MPC): дає змогу передбачати зміну параметрів і адаптувати режим роботи компресора.
- Адаптивне керування: автоматичне налаштування системи на змінні умови експлуатації.

Переваги впровадження KICU

- Зниження витрат енергії за рахунок оптимізації режимів роботи.
- Підвищення надійності та безпеки завдяки безперервному моніторингу та захисту від аварійних ситуацій.
- Гнучкість і масштабованість системи.
- Можливість інтеграції з іншими виробничими процесами та IoT-платформами.

Етапи реалізації

1. Аналіз вимог і технічного завдання.
2. Розробка архітектури KICU.
3. Створення математичної моделі компресора.
4. Програмування контролера та розробка SCADA-інтерфейсу.
5. Випробування на симуляційній моделі.
6. Впровадження та промислові випробування.

Висновки

Розробка складної комп'ютерно-інтегрованої системи управління компресором у виробництві стисненого природного газу дозволяє значно підвищити ефективність, стабільність і безпеку технологічного процесу. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на використання штучного інтелекту, цифрових двійників і систем предиктивного обслуговування.

Література

1. Андрієнко Ю.М. "Системи керування в енергетиці" – Київ: Техніка, 2018.
2. Nguyen H., Patel R. "Intelligent Compressor Control for Natural Gas Systems" – Energy Systems Journal, 2021.
3. Смирнов Ю.Л. "Комп'ютерно-інтегровані технології в енергетиці та промисловості" – Харків: НТУ "ХПІ", 2020.

ІНТЕГРОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ГАЗОФАЗНОГО ОКИСНЕННЯ АМІАКУ НА СТАДІЇ ВИРОБНИЦТВА СЛАБКОЇ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ: РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ

Шмигаренко Р.М., Лорія М.Г., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

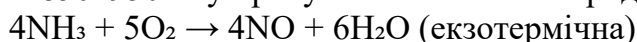
Виробництво неконцентрованої азотної кислоти є одним з ключових процесів у хімічній промисловості. Однією з критичних стадій цього виробництва є окиснення аміаку у газовому реакторі, під час якого аміак реагує з киснем з утворенням оксидів азоту. Цей етап потребує суворого контролю температури, концентрацій та швидкості реакції, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до зниження виходу продукції, утворення побічних речовин або аварійних ситуацій. Впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем керування (КІС) є одним із найперспективніших напрямів підвищення ефективності та безпеки цього процесу.

Мета роботи

Розробити та дослідити комп'ютерно-інтегровану систему контролю та управління газовим реактором для аміаку на стадії його окиснення у виробництві неконцентрованої азотної кислоти, що забезпечує стабільність технологічного процесу, оптимізацію витрат і підвищення рівня безпеки.

Технологічна характеристика процесу

Процес окиснення аміаку здійснюється у газофазному реакторі при температурі близько 850–950°C у присутності платиново-родієвого каталізатора. Основна реакція:



Окис азоту (NO) далі реагує з киснем та водою з утворенням HNO_3 . На цій стадії важливо точно дотримуватися співвідношення реагентів, рівномірного розподілу температури та контролю концентрацій.

Постановка задачі автоматизації

Завдання системи управління:

- Підтримання стабільної температури в реакторі
- Контроль співвідношення NH_3/O_2 у подачі
- Моніторинг тиску та об'ємної швидкості потоку
- Забезпечення безпечного режиму роботи
- Збір та обробка технологічних даних у режимі реального часу

Архітектура комп'ютерно-інтегрованої системи

Основні компоненти системи:

- Датчики температури, тиску, концентрацій NH_3 , NO, O_2
- Програмований логічний контролер (PLC), який обробляє сигнали від датчиків і реалізує алгоритми управління

- SCADA-система, що візуалізує процеси, фіксує аварії та дозволяє оператору втручатися вручну

- Виконавчі механізми: регулювальні клапани, підігрівачі, компресори

- Модуль зв'язку з базою даних і хмарними сервісами для зберігання історичних даних та подальшого аналізу

Розробка математичної моделі

Для моделювання динаміки реактора використано систему рівнянь:

- Баланс маси по NH_3 , O_2 , NO
- Рівняння теплового балансу, що враховує тепловиділення реакції
- Кінетичні рівняння на основі теорії реакцій першого порядку
- Модель тепло- і масообміну між потоками газу і стінками реактора

Модель реалізована у MATLAB/Simulink із подальшою перевіркою на експериментальних даних.

Алгоритми керування

В системі використано:

- PID-регулювання температури
- Моделі передбачення (MPC) для коригування співвідношення $\text{NH}_3:\text{O}_2$
- Адаптивне регулювання для компенсації зміни навантаження
- Система виявлення відхилень та аварійна зупинка на базі нейронної мережі

Результати та ефективність

В результаті тестування системи в лабораторних умовах було отримано:

- Підвищення стабільності температури на 18%
- Скорочення витрат аміаку на 6%
- Автоматичне виявлення потенційних збоїв до моменту виникнення критичних ситуацій
- Підвищення продуктивності на 10%

Висновки

Розроблена комп'ютерно-інтегрована система контролю та управління забезпечує високу стабільність процесу окиснення аміаку в газовому реакторі. Вона дозволяє покращити якість продукції, знизити енергетичні та матеріальні витрати та забезпечити високий рівень безпеки. Перспективним напрямом є впровадження елементів машинного навчання для глибшого аналізу динаміки процесу та адаптації до зовнішніх збурень.

Література

1. Смирнов Ю.Л. Автоматизація хімічних виробництв. — Харків: НТУ "ХПІ", 2020.
2. Perry, R.H., Green, D.W. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 9th Edition. — McGraw-Hill, 2019.
3. Lipták B.G. Process Control and Optimization. — CRC Press, 2018.

AUTOMATION OF CONTROL PROCESSES FOR A DISTILLATION COLUMN IN ALCOHOL PRODUCTION

Kupina O.A., Bilaonov A.Ch., PhD student of the Department of Computer-Integrated Control Systems

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Introduction

The production of ethyl alcohol involves complex chemical and thermal processes, with distillation being one of the most critical stages. The distillation column ensures the separation of alcohol from the fermentation mixture, making the efficiency of its operation essential for product quality and production cost. Automation of the distillation process is a key factor in achieving stable, safe, and energy-efficient operation.

Objective

To review existing technologies and methods of automation for the control of distillation columns in alcohol production, with a focus on modern digital solutions and trends.

Features of the Distillation Process in Alcohol Production

The distillation column separates ethanol from the fermentation broth based on differences in boiling points. Effective control requires maintaining specific operational parameters:

- Column top and bottom temperatures,
- Reflux ratio and feed rate,
- Pressure within the column,
- Composition of distillate and bottom product,

- Steam flow and energy consumption.

Approaches to Automation

1. Programmable Logic Controllers (PLCs) – enable control of temperature, flow rates, and pressure via integrated sensors and actuators.
2. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems – provide real-time visualization, remote control, data logging, and alarm handling.
3. Model Predictive Control (MPC) – uses mathematical models of the column for proactive regulation and optimization.
4. Fuzzy Logic and Adaptive Control Systems – allow the system to adapt to process fluctuations and non-linear dynamics.
5. Artificial Intelligence and Machine Learning – offer potential for advanced fault detection, efficiency analysis, and self-optimization.

Benefits of Automation

- Enhanced product quality and consistency by stabilizing operating parameters.
- Reduction in energy and raw material consumption through precise control.
- Increased safety by monitoring and preventing deviations.
- Minimization of human error and labor costs.

Challenges and Future Prospects

Distillation processes are inherently non-linear and sensitive to input changes. Accurate modeling and real-time adaptation remain key challenges. Future developments may focus on digital twins of distillation systems, cloud-based process optimization, and AI-assisted autonomous control.

Conclusion

Automation of distillation columns in alcohol production is a fundamental step toward achieving efficiency, safety, and competitiveness in the industry. Continued integration of intelligent systems will further improve process robustness and sustainability.

References

1. Johnson M. "Advanced Distillation Control in Industrial Processes" – New York: Wiley, 2020.
2. Petrova A., Nguyen L. "Automation in Alcohol Production: Trends and Technologies" – Chemical Engineering Review, 2021.
3. Василенко С.Ю. "Автоматизація процесів ректифікації у харчовій промисловості" – Харків: НТУ "ХПІ", 2019.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ СУШАРКОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТУ

Купіна О.А., Гудименко О.М., аспірант кафедри КІСУ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасне цементне виробництво є енергоємним та технологічно складним процесом, що вимагає високого рівня автоматизації для досягнення стабільної якості продукції та енергоефективності. Одним із ключових етапів є процес сушіння сировинної шихти, що здійснюється у спеціальних сушильних установках. Ефективне управління сушаркою суттєво впливає на продуктивність та собівартість цементу.

Мета роботи

Огляд існуючих технологій та підходів до автоматизації процесів управління сушаркою у цементному виробництві з акцентом на сучасні тенденції та ефективні рішення.

Особливості процесу сушіння у виробництві цементу

Процес сушіння передбачає видалення вологи з сировини перед її подачею в піч. Основні параметри, які потребують контролю:

- температура сушильного агенту,
- вологість вихідного та обробленого матеріалу,
- швидкість подачі матеріалу,
- швидкість обертання сушарки,
- тиск і витрата палива або гарячого повітря.

Підходи до автоматизації

1. Програмовані логічні контролери (PLC) – використовуються для реалізації алгоритмів керування температурою, витратою повітря та швидкістю обертання.
2. SCADA-системи – забезпечують моніторинг, архівацію даних і візуалізацію параметрів у режимі реального часу.
3. Моделі передбачувального управління (MPC) – застосовуються для оптимізації процесу з урахуванням змін у характеристиках сировини.
4. Системи адаптивного керування – дозволяють самонавчатися на основі історичних даних для покращення точності управління.

Переваги автоматизації сушильних установок

- Підвищення стабільності процесу та покращення якості сировинної суміші.
- Зниження витрат палива за рахунок точного регулювання режимів сушіння.
- Зменшення впливу людського фактора.
- Підвищення безпеки експлуатації обладнання.

Виклики та перспективи

Серед основних викликів – складність моделювання теплообміну та масообміну в сушарці, а також необхідність роботи в умовах постійно змінних властивостей сировини. Перспективним напрямком є використання штучного інтелекту та цифрових двійників для глибшого аналізу та управління процесом.

Висновки

Автоматизація процесів сушіння у виробництві цементу є важливою складовою модернізації галузі. Інтеграція сучасних цифрових рішень дозволяє значно підвищити ефективність, знизити витрати та забезпечити сталість технологічного процесу.

Література

1. Ковальчук В.М. "Автоматизація технологічних процесів у будівельній промисловості" – Київ: Ліра-К, 2019.
2. Popescu R., Zhang Y. "Advanced Process Control for Cement Dryers" – Journal of Process Engineering, 2021.
3. Смирнов Ю.Л. "Системи автоматичного керування в технологічних комплексах" – Харків: НТУ "ХПІ", 2020.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВИПАЛЮВАЧЕМ РІДКОГО АМІАКУ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАКУ: ОГЛЯД ПИТАННЯ

Купіна О.А., Дуришев О.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Автоматизація виробничих процесів є ключовим напрямом розвитку сучасної хімічної промисловості. Виробництво аміаку включає складні технологічні стадії, серед яких важливе місце займає процес випалювання рідкого аміаку. Оптимізація цього процесу за допомогою автоматизованих систем управління (АСУ) дозволяє підвищити ефективність, знизити енергетичні витрати та мінімізувати вплив людського фактора.

Загальні принципи автоматизації процесу випалювання

Випалювання рідкого аміаку – це процес термічного розкладу або взаємодії з окисниками, який супроводжується виділенням тепла та утворенням газоподібних продуктів. Основними елементами автоматизації цього процесу є:

- Контроль температури і тиску: необхідний для забезпечення стабільності реакції та запобігання аварійним ситуаціям.
- Дозування реагентів: автоматизовані системи дозволяють точно контролювати подачу рідкого аміаку та окисників.
- Системи моніторингу та діагностики: включають сенсори і датчики, що передають інформацію до центрального контролера.
- Зворотний зв'язок: забезпечує коригування параметрів процесу в режимі реального часу.

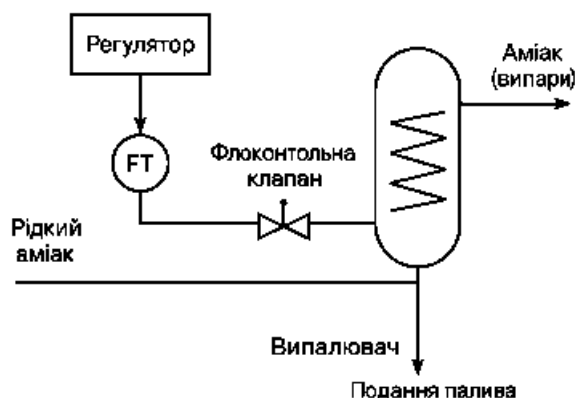


Рисунок 1. - Схема автоматизованої системи управління випалювачем рідкого аміаку

Використання сучасних технологій в автоматизації

Розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для автоматизації:

- SCADA-системи: дозволяють здійснювати візуалізацію процесів та контроль у віддаленому режимі.
- Програмовані логічні контролери (PLC): забезпечують швидке реагування на зміну параметрів процесу.
- Машинне навчання та штучний інтелект: застосовуються для прогнозування відхилень та оптимізації керування.
- Хмарні технології та Інтернет речей (IoT): сприяють інтеграції різних систем управління та аналізу великих масивів даних у реальному часі.

Переваги автоматизації процесу випалювання рідкого аміаку

- Підвищення точності керування технологічними параметрами.
- Зниження витрат енергоресурсів за рахунок оптимізації режимів роботи.
- Мінімізація ризиків аварійних ситуацій завдяки постійному моніторингу.
- Покращення екологічної безпеки, зменшення шкідливих викидів.

Автоматизація процесу випалювання рідкого аміаку є важливим кроком на шляху до підвищення ефективності та екологічної безпеки виробництва аміаку. Використання сучасних технологій дозволяє забезпечити стабільність процесів, знизити витрати та підвищити рівень безпеки. Подальші дослідження в цій сфері можуть бути спрямовані на впровадження адаптивних алгоритмів управління та використання штучного інтелекту для аналізу великих даних у режимі реального часу.

Література

1. Coughanowr, D. R., & LeBlanc, S. E. (2009). Process Systems Analysis and Control (3rd ed.). McGraw-Hill.
2. Harriott, P. (1964). Process Control. McGraw-Hill.
3. Seborg, D. E., Edgar, T. F., & Mellichamp, D. A. (2004). Process Dynamics and Control (2nd ed.). Wiley.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF SORPTION APPARATUSES

Kupina O.A., Yaremchuk I.V., PhD student of the Department of Computer-Integrated Control Systems

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Sorption processes play a critical role in many areas of chemical engineering, environmental protection, and industrial purification. Sorption apparatuses are widely used for the removal of gases, vapors, and dissolved substances from mixtures through adsorption or absorption mechanisms. The efficiency and effectiveness of such equipment largely depend on the precise understanding and mathematical modeling of the underlying processes.

This paper presents a general overview of the approaches to developing mathematical models for sorption apparatuses and highlights the importance of such models for design, optimization, and control.

Objective

To analyze existing approaches to the mathematical modeling of sorption apparatuses and to outline the development of models that reflect the real behavior of such systems under operational conditions.

General Principles of Sorption Modeling

Sorption processes can be divided into two main types:

- Adsorption: the accumulation of particles on the surface of a solid adsorbent.
- Absorption: the uptake of particles into the bulk of a liquid or solid absorbent.

Mathematical models of sorption apparatuses typically involve:

- Material balance equations: accounting for the inflow, outflow, accumulation, and consumption of substances.
- Mass transfer kinetics: describing the rate at which substances move from the fluid phase to the sorbent.
- Isotherm equations: such as Langmuir, Freundlich, or BET, to characterize equilibrium behavior.
- Energy balance equations: especially important in exothermic or endothermic sorption processes.

Types of Sorption Apparatuses

- Fixed-bed columns: commonly used in gas purification and water treatment.
- Fluidized bed systems: allow for better contact between phases and uniform temperature distribution.
- Moving bed and rotating drum systems: used in high-capacity industrial applications.

Each apparatus type requires its own modeling approach due to different flow patterns, residence time distributions, and interaction dynamics.

Modeling Techniques

1. Empirical models: Based on experimental data, often limited in predictive power.
2. Mechanistic models: Built from first principles (mass, momentum, energy conservation).
3. Computational Fluid Dynamics (CFD): Used for detailed simulations of flow and transport phenomena.
4. Hybrid models: Combine theoretical and data-driven approaches (e.g., neural networks - mass balance equations).

Benefits of Mathematical Modeling

- Optimization of operational parameters (flow rate, temperature, pressure).
- Scale-up from laboratory to industrial systems.

- Predictive control and fault detection.
- Design of energy- and resource-efficient processes.

Case Example

In the development of a sorption column for ammonia gas removal, a dynamic model incorporating mass transfer resistance, pressure drop, and breakthrough curves can be applied. Calibration with experimental data allows for precise prediction of breakthrough times and column saturation points.

Conclusion

The development of accurate mathematical models for sorption apparatuses is essential for improving performance, reducing costs, and ensuring environmental compliance. Ongoing advances in computational power and machine learning open new possibilities for real-time control and predictive diagnostics in sorption-based systems.

References

1. Ruthven, D. M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. Wiley, 1984.
2. Yang, R. T. Gas Separation by Adsorption Processes. Butterworth-Heinemann, 1997.
3. Crittenden, B., & Thomas, W. J. Adsorption Technology and Design. Butterworth-Heinemann, 1998.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF AN ABSORBER

Brun O.M., Tselishchev O.B., D.Sc. (Tech.), Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The study and development of mathematical models play a crucial role in understanding and optimizing industrial processes. One of the key units in chemical engineering is the absorber, which is widely used for gas purification, pollutant removal, and chemical reaction processes. The mathematical modeling of an absorber allows for the prediction of process behavior, optimization of operational parameters, and enhancement of efficiency.

This study aims to develop and analyze a mathematical model of an absorber to describe its dynamic behavior under various operating conditions. The model will help in optimizing design parameters and improving process efficiency.

An absorber is a mass transfer unit where a gas mixture comes into contact with a liquid solvent, leading to the selective absorption of certain gas components. The efficiency of absorption depends on various factors, including:

- Mass transfer coefficient
- Liquid-to-gas flow ratio
- Absorption equilibrium
- Temperature and pressure conditions

Mathematical modeling of an absorber typically involves differential equations describing mass transfer, reaction kinetics (if applicable), and hydrodynamics.

The mathematical model of an absorber is based on the following fundamental equations:

1. Mass Balance Equation: where:
 - is the gas-phase concentration,
 - is the height of the absorber,
 - is the liquid-phase mass transfer coefficient,
 - is the interfacial area per unit volume,
 - is the equilibrium gas concentration.
2. Energy Balance Equation (if thermal effects are considered): where represents the temperature, and accounts for heat exchange within the system.
3. Hydrodynamic Considerations:

- Gas and liquid phase velocity profiles
- Pressure drop across the column

The developed model is validated by comparing simulation results with experimental data obtained from an industrial absorber unit. Computational tools such as MATLAB or Aspen Plus can be used to solve the differential equations numerically and simulate the absorber's performance under varying conditions.

Process Optimization: The model allows for tuning operational parameters to enhance absorption efficiency.

- Scale-Up Studies: Helps in designing industrial-scale absorbers based on laboratory-scale data.

- Environmental Impact Assessment: Evaluates the effectiveness of absorbers in pollution control applications.

The mathematical modeling of an absorber provides a systematic approach to understanding its behavior and optimizing performance. Future research could focus on incorporating more complex reaction kinetics and real-time process monitoring using AI-driven techniques.

References

1. Seader, J. D., & Henley, E. J. (2011). Separation Process Principles. Wiley.
2. Treybal, R. E. (1980). Mass-Transfer Operations. McGraw-Hill.
3. Kister, H. Z. (1992). Distillation Design. McGraw-Hill.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A COMPLEX COMPUTER-INTEGRATED CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEM FOR A HEAT EXCHANGER ON THE EXAMPLE OF A LIQUID AMMONIA EVAPORATOR IN AMMONIUM NITRATE PRODUCTION

Saveliev V.V., Tselishchev O.B., D.Sc. (Tech.), Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Modern ammonium nitrate production requires a high level of automation and precise control of technological processes. One of the critical elements in this process is the liquid ammonia evaporator, which functions as a heat exchanger. Optimizing its operation through a computer-integrated control and management system allows for increased production efficiency, reduced energy consumption, and enhanced operational safety.

The development and study of a computer-integrated control and management system for a liquid ammonia evaporator aimed at improving heat exchange efficiency and ensuring the stability of technological parameters.

The automated control and management system for the liquid ammonia evaporator should perform the following functions:

- Real-time monitoring of temperature and pressure.
- Regulation of liquid ammonia supply according to set parameters.
- Analysis of thermal balances to improve process efficiency.
- Diagnosis and prediction of deviations from normal operating modes.

The system includes:

- Temperature, pressure, and flow sensors that transmit data to the central controller.
- Programmable Logic Controller (PLC) that processes data and regulates parameters.
- SCADA system, which provides visualization, analysis, and remote control.
- Prediction module, utilizing machine learning algorithms to detect potential deviations and emergency situations.

To optimize the operation of the heat exchanger, a mathematical model based on heat transfer equations is developed: where:

- amount of transferred heat,

- heat transfer coefficient,
- heat exchange surface area,
- temperature gradient between phases.

Additionally, hydrodynamic equations are considered to determine optimal heat carrier circulation modes.

Experimental studies have confirmed the effectiveness of the proposed system:

- Reduction in energy consumption by 15% due to thermal balance optimization.
- Improved stability of evaporation parameters.
- Reduction in emergency shutdowns by 20% through failure prediction.

Conclusion

The proposed computer-integrated control and management system for the liquid ammonia evaporator significantly improves the efficiency of ammonium nitrate production. Future research may focus on developing intelligent self-learning systems for automatic adjustment of heat exchanger operating modes.

References

1. Ivanov O. P., Petrov V. S. "Automation of Chemical Production" – Kyiv: Tekhnika, 2018.
2. Smirnov Y. L. "Process Control Systems" – Kharkiv: NTU "KhPI" Publishing House, 2020.
3. Johnson M. "Process Control and Automation in Chemical Engineering" – New York: McGraw-Hill, 2019.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕНІТРАЛІЗАТОРОМ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ В ТЕХНОЛОГІЇ СИНТЕЗУ НІТРОГЛІЦЕРИНУ: СИСТЕМНИЙ ПІДХІД

Щербань О.А., аспірант кафедри КІСУ,

Целіщев О.Б., професор кафедри КІСУ, д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасна фармацевтична і хімічна промисловість все активніше інтегрує комп'ютеризовані технології керування в складні технологічні процеси. Одним із таких процесів є денітралізація плаву аміачної селітри, яка використовується як проміжний етап у виробництві антиангінальних засобів, зокрема нітрогліцерину. Автоматизація цього процесу потребує високоточної системи керування, здатної контролювати параметри середовища в умовах агресивного технологічного середовища та високих вимог до безпеки.

Мета роботи

Огляд принципів побудови та функціонування комп'ютерно-інтегрованої системи керування денітралізатором плаву аміачної селітри, що використовується у виробництві фармацевтичної продукції.

Основні технологічні вимоги

1. Температурна стабільність: необхідна для запобігання неконтрольованим реакціям.
2. Контроль концентрації реагентів: підтримка оптимального рівня для забезпечення ефективності денітралізації.
3. Безперервний моніторинг параметрів: тиск, рівень, витрата та рН.

Структура комп'ютерно-інтегрованої системи

- Датчики і сенсори: забезпечують збирання даних у режимі реального часу.
- Контролери (PLC): реалізують алгоритми контролю і взаємодіють із виконавчими механізмами.
- Інтерфейс SCADA: дозволяє оператору стежити за станом об'єкта і вносити зміни в параметри.

- Аналізатор відхилень: модуль контролю стабільності, який попереджає про аномалії.

Математичне моделювання процесу

Розробка математичної моделі процесу денітралізації є ключовим етапом створення КІСУ. Модель базується на диференціальних рівняннях тепломасообміну та хімічної кінетики, що дозволяє здійснювати предиктивне управління.

Переваги впровадження КІСУ

- Зниження ризиків аварій: за рахунок раннього виявлення небезпечних ситуацій.
- Підвищення продуктивності: завдяки стабілізації режимів роботи.
- Забезпечення якості продукції: точне дотримання рецептурних параметрів.
- Скорочення втручання персоналу: автоматичний режим роботи.

Етапи впровадження системи

1. Технічне обстеження ділянки.
2. Розробка специфікацій системи.
3. Вибір обладнання та програмного забезпечення.
4. Встановлення, налагодження і тестування.
5. Пусконаладжувальні роботи та навчання персоналу.

Висновки

Інтеграція комп'ютеризованих систем керування у виробництво фармацевтичних прекурсорів на основі аміачної селітри дозволяє досягти високого рівня надійності, продуктивності та безпеки. Такий підхід є вкрай актуальним у контексті розвитку фармацевтичного машинобудування, де кожна стадія процесу повинна бути ретельно контрольована.

Література

1. Шевченко А.П., Литвиненко В.С. "Системи автоматизованого управління в хімічній промисловості" – Київ: Наука, 2019.
2. Belov N., Ruzhitsky A. "Automation of Nitrate Melt Neutralization Systems in the Pharmaceutical Industry" – Journal of Chemical Engineering, 2021.
3. Smirnov Yu.L. "Computer-Integrated Control Systems in Critical Chemical Processes" – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020.

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ПІДРАХУНКУ ЧАСТИНОК ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ

Крохмаль А. В., ІСТ-24дм, Крохмаль В. І., асп-263-23, Тарасов В. Ю., д.т.н., професор
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Вступ. Сучасні гірничодобувні підприємства дедалі частіше впроваджують інтелектуальні системи моніторингу та управління виробничими процесами для підвищення ефективності, безпеки та екологічності своєї діяльності. Одним із важливих завдань, що стоїть перед такими системами, є ідентифікація та визначення розмірів фрагментів гірської породи, які можуть утворюватися як унаслідок технологічного видобутку чи вибухових робіт, так і внаслідок аварійних ситуацій, таких як обвалення, вібраційні зрушення або інші деструктивні процеси. Вчасне виявлення та кількісна оцінка цих фрагментів є критично важливими для аналізу стану виробки, запобігання подальшим обвалам, а також для забезпечення ефективного планування рятувальних операцій у надзвичайних ситуаціях.

У контексті автоматизації та дистанційного управління технологічним середовищем в шахті традиційні методи візуального огляду або ручного вимірювання фрагментів породи мають низку суттєвих обмежень — зокрема, вони трудомісткі, повільні, залежать від людського фактору і не завжди можуть бути реалізовані в умовах обмеженої видимості або підвищеної небезпеки. У зв'язку з цим, зростає інтерес до використання методів

комп'ютерного зору, та аналізу зображень, які дозволяють здійснювати швидко, точну та автоматизовану ідентифікацію частинок гірської породи без необхідності фізичного втручання людини.

Отже, дослідження, розробка нових та оптимізація існуючих підходів до побудови систем комп'ютерного зору, зокрема для задачі виявлення і ідентифікації фрагментів гірської породи, є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз питання та постановка задачі. Основною метою роботи є розробка методу комп'ютерного зору, заснованого на серії сегментації, фільтрації та морфологічних операцій, для виявлення і ідентифікації фрагментів гірської породи за цифровими зображеннями. Задачею методу є підрахунок частинок вугілля, що являють собою темні об'єкти на світлому фоні. Основні вимоги та обмеження до запропонованого методу наступні.

- У якості вхідних даних виступає зображення досліджуваного зразку вугілля у посудині округлої форми. Зображення кольорове, розмірність довільна, розміри досліджуваного об'єкта довільні.

- Вихідними даними є число, що позначає кількість виявлених об'єктів, а також зображення з маркуванням усіх знайдених об'єктів.

- Метод повинен бути стійким до змін умов спостереження (розмірів зображення, освітленості, розмірів об'єкту), адаптивним до використання різних технічних засобів реєстрації зображення, гнучким у налаштуванні параметрів виявлення.

Досягнення мети роботи. Запропонований комбінований метод обробки та аналізу зображень складається з 9 етапів, зазначених на блок-схемі (рис. 1):

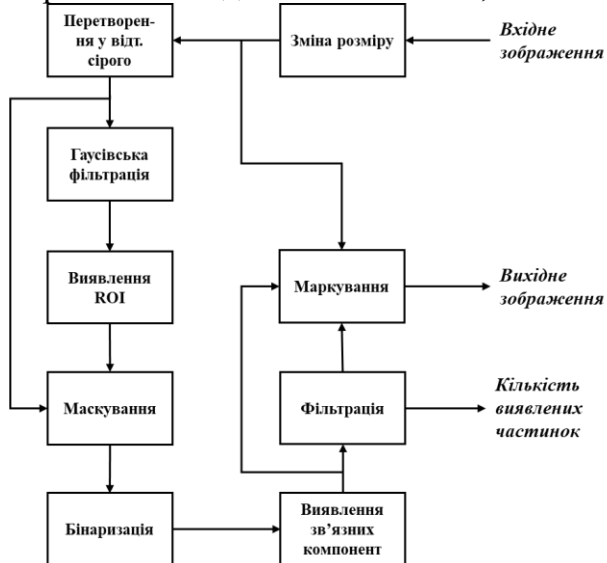


Рисунок 1 - Комбінований метод обробки та аналізу зображень

- зміна розміру зображення;
- перетворення у представлення відтінків сірого;
- фільтрація;
- виявлення області інтересу (ROI);
- застосування маскування зображення;
- адаптивна бінаризація;
- аналіз зв'язаних компонент;
- фільтрація компонент;
- маркування області інтересу та виявлених об'єктів.

Обробка зображення починається зі зменшення його розміру до фіксованого значення для уніфікації подальших дій та підвищення швидкодії алгоритму. Далі зображення перетворюється у представлення

відтінків сірого кольору шляхом усереднення RGB-компонент. Для виділення області інтересу (ROI), яка має круглу форму, використовується алгоритм виявлення кола з подальшим зменшенням його радіусу. Контури кола визначаються за допомогою перетворення Хафа [1]. З метою покращення ймовірності коректного виявлення області інтересу зображення попередньо згладжується за допомогою Гаусівського фільтру, що зменшує дисперсію і підкреслює контури на фоні шумів.

Після визначення ROI виконується обрізка до описаного квадрата та маскування — пікселі поза колом заповнюються нулями. Далі застосовується бінаризація за глобальним пороговим значенням, яке обирається автоматично. Через варіативність освітлення та шумів для визначення порогу було обрано метод Йена [2] — ентропійний підхід, стійкий до

подібних викривлень. Усі зазначені вище етапи виконують попередню обробку вхідного зображення з метою виділення інформативних даних та зниження їх обсягу [3].

Наступним етапом обробки є маркування зв'язаних компонент — кожна область, що відповідає критерію зв'язності, отримує унікальну мітку. Для цього використано ефективний комбінований алгоритм [4]. Далі здійснюється фільтрація компонент за площею: видаляються надто малі (шум) та надто великі (флуктуації яскравості) об'єкти. Це підвищує точність підрахунку фрагментів. Здійснюється візуалізація результату: ROI позначено синім колом, релевантні об'єкти — зеленим, нерелевантні — червоним, вказується загальна кількість об'єктів (рис. 2).

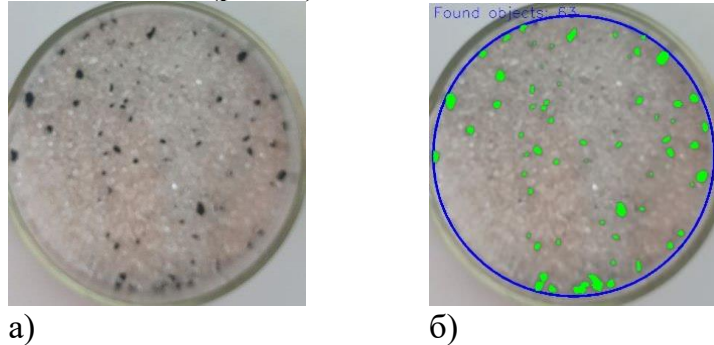


Рисунок 2 - Результат аналізу експериментального зображення: вхідне (а) та марковане зображення (б)

Запропонований метод було реалізовано в програмному забезпеченні, написаного мовою Python. Використано програмні бібліотеки у вільному доступі: OpenCV – для усіх видів обробки та аналізу зображень, Scikit-Image для реалізації методу бінаризації Йена.

Висновки. У роботі представлено метод аналізу зображень для автоматизованого виявлення та підрахунку частинок гірської породи. Запропоновано послідовність обробки, ключовими елементами якої є автоматичне визначення області інтересу, адаптивна бінаризація зображення, виявлення та аналіз зв'язаних компонентів. Метод дозволяє точно визначати кількість та розміри уламків, знижує вплив шуму та покращує ефективність аналізу зображень у складних умовах.

Література

1. Yuen, H.K., Princen, J., Illingworth, J. and Kittler, J. (1990), "Comparative study of Hough transform methods for circle finding", Image and Vision Computing, vol. 8, no. 1, pp. 71–77. [https://doi.org/10.1016/0262-8856\(90\)90059-E](https://doi.org/10.1016/0262-8856(90)90059-E)
2. Yen, J.C., Chang, F.J. and Chang, S. (1995) "A new criterion for automatic multilevel thresholding", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 4, no. 3, pp. 370–378. <https://doi.org/10.1109/83.366472>
3. Крохмаль А. В., Захожай О. І. Програмне забезпечення для перетворення растрового зображення у символічне представлення – ІТ-Ідея – 2023: збірник науково-практичних праць. – Київ: вид-во Східноукр. ун-ту ім. В. Даля, 2023. – 130 с. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-25-2>
4. Bolelli, F., Allegretti, S., Baraldi, L. and Grana, C. (2019), "Spaghetti Labeling: Directed Acyclic Graphs for Block-Based Connected Components Labeling", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 29, pp. 1999–2012. <https://doi.org/10.1109/TIP.2019.2946979>

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВІСТІ УКРАЇНИ

Ткачук В.С., ГІР-24д, Тарасов В. Ю., д.т.н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах глобальних трансформацій, що охоплюють економіку, енергетику та екологію, гірничо-промисловість України опинилася перед викликами, які потребують нових стратегій розвитку. Одним із найперспективніших напрямів модернізації галузі є впровадження автономних технологій – автоматизованих машин, систем дистанційного керування, безпілотних транспортних засобів і цифрових рішень для управління виробничими процесами. Економічне обґрунтування таких змін є критично важливим для визначення доцільності інвестицій та очікуваного ефекту.

Україна, володіючи значними запасами різноманітних рудних корисних копалин, традиційно спирається на гірничодобувну галузь як важливу складову національної економіки. Проте, сучасні виклики, такі як зростання собівартості видобутку, необхідність підвищення безпеки праці та посилення екологічних вимог, зумовлюють пошук нових, більш ефективних та стабільних підходів до розробки родовищ. У цьому контексті технології автономного видобутку постають як перспективний напрямок, економічне обґрунтування впровадження якого заслуговує на пильну увагу.

Перш за все, автономні технології здатні суттєво знизити витрати на виробництво. У гірничій промисловості значна частка витрат припадає на оплату праці, технічне обслуговування, а також на подолання наслідків ризиків, пов'язаних з небезпечними умовами праці. Впровадження автоматизованих систем дозволяє зменшити потребу у великій кількості персоналу, знизити ймовірність аварій та мінімізувати витрати, пов'язані з людським фактором.

Крім того, за даними дослідження М. Adamenko та співавторів [1], інвестування в інноваційний розвиток гірничодобувних підприємств є важливою умовою для підвищення конкурентоспроможності як ресурсного, так і виробничого потенціалу. Автори підкреслюють [1], що модернізація через технологічні інновації сприяє не лише економії ресурсів, а й підвищенню рівня ефективності управління, що в умовах сучасної нестабільності є ключовим чинником довгострокової життєздатності підприємств. У цьому контексті автономні технології виступають як інструмент досягнення цілей інноваційного зростання, особливо в умовах обмеженого доступу до традиційних джерел фінансування.

Другою вагомою перевагою є підвищення продуктивності та ефективності. Впровадження автономних систем забезпечує безперервність виробничого процесу, підвищує точність та оперативність прийняття рішень, адаптує виробництво до складних геологічних умов. Це, у свою чергу, дозволяє підприємствам зменшити втрати корисних копалин, підвищити якість видобутку та загальну рентабельність. Як зазначають науковці [1; 2], інноваційне оновлення активів у гірничій галузі – це не лише економічна доцільність, а й стратегічна необхідність для збереження позицій на ринку.

Ще одним важливим аспектом є екологічна ефективність автономних технологій. Сучасні автоматизовані системи працюють на електротязі або енергоощадних режимах, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля, відповідати принципам сталого розвитку й екологічної безпеки. Така трансформація підвищує інвестиційну привабливість українських гірничих підприємств на міжнародному рівні.

Не менш важливою є соціально-економічна складова процесу. Перехід до автономних технологій вимагає перенавчання персоналу, створення нових високотехнологічних робочих місць, стимулювання розвитку освітніх і наукових кластерів. Науковці [1; 3] стверджують, що, активна інвестиційна політика в інновації здатна активізувати економіку регіонів і створити основу для нової індустріалізації на базі інтелектуального капіталу.

Слід також зазначити, що показовим прикладом застосування інновацій у контексті підвищення безпеки та ефективності є дослідження V. Tarasov та співавторів [5], які запропонували інноваційний метод прогнозування проявів небезпечних властивостей вугільних пластів, зокрема схильності до раптових викидів газу та вугілля. Такий підхід базується на аналізі великих масивів геологічних даних і дозволяє більш точно планувати виробничі операції, уникати ризикованих ділянок і адаптувати роботу автономного обладнання до реальних умов надр. Інтеграція цього методу у цифрову інфраструктуру шахт відкриває нові можливості для ефективного управління ризиками та ресурсами.

Впровадження таких технологій також має довгострокову економічну доцільність. Хоча стартові інвестиції в автономне обладнання, цифрові рішення та перепідготовку персоналу є значними, їх окупність забезпечується скороченням простоїв, зменшенням кількості нещасних випадків, підвищенням обсягів видобутку та якості управлінських рішень. За оцінками міжнародних аналітичних компаній, автоматизація може зменшити операційні витрати на 15–30% і підвищити рентабельність уже протягом кількох років.

Крім того, зниження антропогенного впливу на довкілля також є важливою складовою економічного обґрунтування. Автономні системи точніше регулюють обсяги вибухових речовин, мінімізують викиди пилу та шкідливих газів, а також дозволяють реалізувати стратегії сталого розвитку. Це, у свою чергу, підвищує інвестиційну привабливість української гірничої галузі на світовому ринку.

Отже, економічне обґрунтування впровадження автономних технологій у гірничій промисловості України спирається на реальні переваги: скорочення витрат, підвищення продуктивності, посилення безпеки та відповідність екологічним стандартам. Результати наукових досліджень, свідчать про необхідність переорієнтації гірничодобувної галузі на інноваційний шлях. У свою чергу, інновації в управлінні ризиками є не лише технологічною, а й економічною необхідністю. Успішна цифровізація та автономізація гірничої галузі стане запорукою її конкурентоздатності, стійкості до криз та інтеграції у світовий ринок високих технологій.

Література

1. Adamenko, M., Afanasiev, I., Kapitula, S., & Shakhno, A. (2021). Investing in the innovative development of the competitiveness of resource and production potential of mining enterprises. *Economic Analysis*, 31(3), 105-114. doi: 10.35774/econa2021.03.105.
2. Ivanov, S., Chekina, V. (2020). Development of mining in the conditions of industry 4.0: new challenges and opportunities (in Ukrainian). *Economy of Industry*, 1(89), 45–74. <https://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.045>
3. Kuniyska, M., Piskun, I., Kotenko, V., & Kryvoruchko, A. (2024). Digital modelling technologies in the mining industry: Effectiveness and prospects of digitalisation of open-pit mining enterprises. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 29(1), 52-61. doi: 10.62660/bcstu/1.2024.52.
4. Mishchuk, I., Serdiuk, O., Bekhter, L., & Bondarenko, O. (2021). Ensuring security of economic and informational interests of mining enterprises taking into account innovative technological trends. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(13 (110)), 42–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.230308>
5. Tarasov, V., Rudniev, Y., Popovych, V., Brozhko, R. (2024). Innovative Method of Forecasting the Manifestation of Dangerous Properties of Coal Seams. In: Semenov, A., Yepifanova, I., Kajanová, J. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 194. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53984-8_15

ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАДІЄНТНОГО МЕТОДУ З ПОДРОБЛЕННЯМ КРОКУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

Полтавський І.А., Самойлова Ж.Г., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Градiєнтні методи є ключовим інструментом у математичній оптимізації, зокрема в електронних системах для калібрування параметрів схем, фільтрів, систем автоматичного керування тощо. Однак класичний градієнтний спуск може мати проблеми зі збіжністю через неправильний вибір кроку. Метод з дробленням кроку дозволяє адаптивно регулювати швидкість навчання, забезпечуючи більш стабільну оптимізацію.

Ціль роботи полягала в дослідженні градієнтного методу з подроблення кроку для оптимізації параметрів електронних систем.

У методі градієнтного спуску з дробленням кроку значення кроку α_k обирають так, щоб було дотримано нерівність:

$$f(x_k - \alpha_k f'(x_k)) - f(x_k) \leq -\delta \alpha_k \|f'(x_k)\|^2 \quad (1)$$

Ця нерівність містить фіксовану сталу δ , де $0 < \delta < 1$, яка залишається незмінною для всіх ітерацій. Така умова гарантує, що значення цільової функції буде зменшуватися від ітерації до ітерації на визначену мінімальну величину, яка задається правою частиною нерівності.

Алгоритм підбору величини кроку реалізується наступним чином: спочатку обирається деяке фіксоване число $\alpha > 0$, яке використовується на всіх ітераціях як початкове значення. На k -ій ітерації перевіряється виконання умови при $\alpha_k = \alpha$. Якщо нерівність виконується, то α приймається як крок, і алгоритм переходить до наступної ітерації. Якщо ж умова не задовольняється, значення α поступово зменшують (наприклад, діленням на два), доки нерівність не почне виконуватись.

Градiєнтний метод з дробленням кроку пропонує низку переваг для оптимізації електронних систем. Головна перевага – автоматичний підбір кроку, що усуває необхідність ручного налаштування. Метод стійкий до шумів і ефективно працює з нелінійними залежностями, що критично важливо для реальних електронних пристроїв. Алгоритм працює стабільно навіть при неідеальних початкових умовах і легко масштабується для складних систем. Його універсальність дозволяє застосовувати підхід як для аналогових, так і цифрових систем, що робить його ідеальним інструментом для сучасного проектування електроніки.

Оптимізація параметрів електронних систем є критично важливою для досягнення високої продуктивності, енергоефективності та мінімізації спотворень. Градієнтний метод з дробленням кроку дозволяє ефективно знаходити оптимальні значення компонентів та режими роботи, враховуючи нелінійні залежності між параметрами.

Електронні системи, зокрема фільтри, підсилювачі та системи зв'язку, зазвичай характеризуються складними нелінійними залежностями між параметрами, що ускладнює ручне налаштування їх характеристик. Градієнтний метод з дробленням кроку є ефективним інструментом для оптимізації таких систем, оскільки дозволяє адаптивно коригувати параметри навіть за наявності шуму або неповної математичної моделі. Застосування цього методу охоплює низку практичних завдань:

- Оптимізація параметрів аналогових схем

Здійснюється автоматичний підбір номіналів пасивних компонентів (резисторів, конденсаторів, індуктивностей) з метою мінімізації нелінійних або частотних спотворень. Метод також може бути використаний для калібрування коефіцієнтів підсилення в багатокаскадних підсилювачах.

- Оптимізація фільтрів

Градiєнтний метод з дробленням кроку є особливо ефективним інструментом для оптимізації аналогових фільтрів різних типів — низьких, високих та смугових частот. Він забезпечує точний підбір номіналів пасивних компонентів (R , L , C), що критично важливо для досягнення заданих частотних характеристик. Метод дозволяє мінімізувати фазові та амплітудні спотворення, зумовлені неідеальністю компонентів, а також точно налаштовувати частоту та крутизну зрізу. Ітераційна природа алгоритму з автоматичним коригуванням кроку зміни параметрів забезпечує плавну збіжність до оптимального рішення без ризику пропуску мінімуму. Такий підхід є особливо цінним при проектуванні складних фільтрів, де класичні розрахунки не враховують усіх впливів реального середовища.

- Оптимізація енергоспоживання.

Метод дозволяє знаходити оптимальні режими роботи електронних пристроїв, при яких досягаються мінімальні втрати енергії без погіршення функціональних характеристик, що є особливо актуальним для мобільних і вбудованих систем.

З проведеної роботи можна зробити наступний висновок: градiєнтний метод з дробленням кроку є ефективним інструментом для оптимізації параметрів електронних систем. Він поєднує швидкість градiєнтного спуску зі стабільністю адаптивного вибору кроку, що робить його особливо корисним у задачах, де традиційні методи неефективні.

АПРОКСИМАЦІЯ ЛІНІЙНОЮ НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ З ЗВОРТНІМ РОЗПОВСЮДЖЕННЯМ ПОМИЛКИ ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ВИХОДІ РЕАКТОРА СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ ВІД ВИТРАТИ МЕТАНОЛУ, ЩО ПОДАЄТЬСЯ В РЕАКТОР В МОМЕНТ ПУСКУ

Самойлова Ж.Г., к.т.н., доцент, Полтавський І.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Керування хімічними реакторами є одним із найбільш вивчених областей керування процесами. У цій роботі стратегія керування на основі нейронної мережі застосовується до безперервного газорідного реактора з перемішуванням: реактору синтезу оцтової кислоти на основі карбонілювання з нерухомим родієвим каталізатором.

Метою даної роботи було нейромережеве моделювання для каналу витрата метанолу на вході в реактор - концентрація оцтової кислоти на виході з реактора під час пуску.

Для апроксимації залежності концентрації оцтової кислоти на виході з реактору від витрати метанолу, що подається в реактор в момент пуску, було створено лінійну нейронну мережу зі зворотнім розповсюдженням помилки. Мережа створювалась за допомогою програми MATLAB 2021b. Для побудови нейронної мережі використовувалася ітераційна процедура.

Множина P відображала послідовність входів нейронної мережі. Множина T відображала послідовність виходів мережі. Для перевірки результатів моделювання використовувалась множина входів $P1$, а множина виходів – $T1$.

Нейронна мережа складалася з 8 нейронів на вході та 1 нейрона на виході (рис.1). Функцією активації вхідного та вихідного шару була обрана *purelin*.

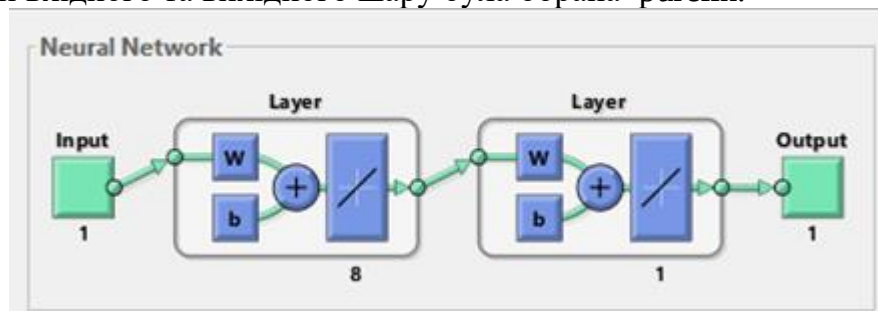


Рисунок 1. Структура лінійної нейронної мережі зі зворотним розповсюдженням помилки

Навчання мережі проводилося протягом 50 циклів з допомогою алгоритму Левенберга – Маркарда. Помилка моделювання визначалася методом найменших квадратів (MSE).

Перевірка сформованої мережі виконувалася за допомогою перевірконої послідовності входу.

На рисунку 2 показані результати моделювання нейронної мережі.

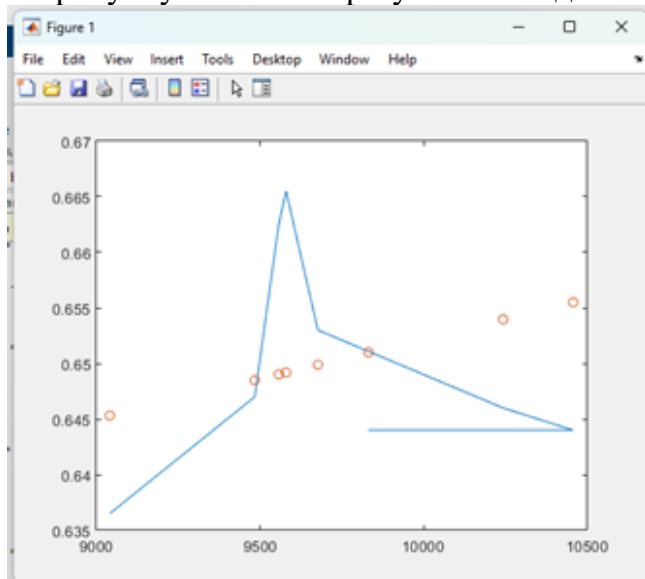


Рисунок 2. Результати моделювання нейронної мережі

Відносна похибка апроксимації даних цією мережею становить 0.0134.

Результати моделювання показують, що можливо використовувати систему керування реактором синтезу оцтової кислоти на основі нейронної мережі.

Враховуючі результати моделювання нейронної мережі можна зробити висновки про задовільну якість апроксимації даних лінійною мережею з зворотнім розповсюдженням помилки у випадку нелінійної залежності поміж даними.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРУ SPREAD НА АПРОКСИМАЦІЮ НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ GRNN ЗАЛЕЖНОСТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ВИХОДІ РЕАКТОРА СИНТЕЗУ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ ВІД ВИТРАТИ МЕТАНОЛУ, ЩО ПОДАЄТЬСЯ В РЕАКТОР В МОМЕНТ ПУСКУ

Самойлова Ж.Г., к.т.н., доцент, Татарчук Р.Є.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Численні хімічні заводи, такі як хімічні реактори, дистиляційні колони тощо, можуть демонструвати помітну нелінійну поведінку, особливо в момент пуску. В останні роки спостерігається сильний інтерес до застосування нейронних мереж для управління нелінійними процесами.

Метою даної роботи було дослідження впливу параметра spread на апроксимацію залежності концентрації оцтової кислоти на виході з реактора синтезу оцтової кислоти за допомогою радіально – базисної нейронної мережі GRNN від витрати метанолу, що подається в реактор під час пуску.

Для побудови нейронної мережі використовувалася ітераційна процедура в програмі MATLAB 2021b.

Множина P відображала послідовність входів нейронної мережі. Множина T відображала послідовність виходів мережі. Для перевірки результатів моделювання використовувалась множина входів P_1 , а множина виходів – T_1 .

Сформована мережа GRNN використовує всього вісім нейронів у прихованому шарі. Перевірка сформованої мережі виконувалася за допомогою перевірконої послідовності входу.

В таблиці 1 показані результати моделювання нейронної мережі.

Таблиця 1. Результати апроксимації нейронної мережі в залежності від параметру spread

Значення параметру spread	0,7	2,0	5,0	50,0	100,0	200,0	500,0
Відносна похибка	0,0107	0,0107	0,0107	0,0100	0,0091	0,0104	0,0122

Відносна похибка апроксимації даних мережею во всіх випадках є меншою 10%. Тобто для даної радіально – базисної мережі GRNN для всіх досліджуваних значень параметра spread досить успішно вирішується задача апроксимації нелінійної залежності.

Результати моделювання показують, що система керування реактором синтезу оцтової кислоти може бути побудована на основі нейронної мережі.

Висновок: Недоліком мережі GRNN є те, що похибки ненульові на відміну від радіальних мереж з нульовою помилкою. Перевага в тому, що швидкість навчання дуже висока, оскільки навчання зводиться лише до присвоєння значень ваг нейронам вхідного, вихідного і прихованого шару.

ФОТОКАТАЛІТИЧНІ МАТЕРІАЛИ: ОСТАННІ ДОСЯГНЕННЯ ТА НАЙБЛИЖЧІ МАЙБУТНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Гончаренко Я.О., ст. гр. ФПФ-23д, Тарасов В.Ю., д.т.н., проф.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Дослідження фотокаталітичних матеріалів є галуззю, яка постійно розширюється протягом останніх десятиліть, про що свідчить велика кількість статей, що публікуються щороку. На сьогоднішній день понад 190 різних напівпровідників було досліджено як придатні фотокаталізатори.

Дослідження направлені на вирішення екологічних проблем, що виникають у швидкозростаючому індустріальному світі. Хоча багато фотокаталізаторів було вироблено в лабораторіях, використання фотокаталізу для реальних застосувань, таких як покращення якості повітря в приміщеннях, будівництво доріг та для фарбування повітря, користується попитом. Географічний розподіл компаній, які зараз просувають товари на основі напівпровідникового фотокаталізу, проілюстровано на рис..

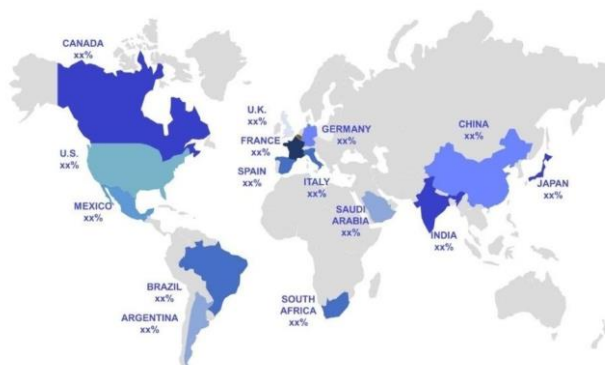


Рис. Географічний розподіл компаній, які зараз просувають товари на основі напівпровідникового фотокаталізу.

Серед фотокаталізаторів зазвичай використовуються оксиди металів, такі як TiO_2 , ZnO , SnO_2 та CeO_2 , а також халькогеніди, такі як MoS_2 , ZnS та CdS , та їх композити, а також аналоги. Цікаво, що було відзначено, що споживання TiO_2 у світі переважає порівняно з іншими матеріалами завдяки його високій хімічній та фізичній стабільності, а також низькій вартості. Однак у майбутньому головною метою має бути пошук альтернативи діоксиду титану. Переваги, які може принести плівка напівпровідникового фотокаталізатора, активована видимим світлом, очевидні. Зазвичай запропонованою альтернативою діоксиду титану є оксид вольфраму, який має ширину забороненої зони близько 2,6 eV і тому поглинає у видимому діапазоні. Однак цей оксид зазвичай вважається механічно м'яким і його важко утворювати у вигляді нанокристалічних тонких, твердих, міцних плівок. Крім того, оксид вольфраму може розчинятися в сильних лугах. Таким чином, оксид вольфраму не має хімічно інертних якостей діоксиду титану, а також належить з'ясувати, чи можна його отримати у формі, комерційно вигідній для напівпровідникового фотокаталізу.

Різні комерційні застосування напівпровідникової фотохімії включають фотомінералізацію органічних речовин, фотостерилізацію та фотозняття запотівання. Розглянуто основні поточні види комерційної діяльності в цих різних галузях. Хоча ця комерційна діяльність є глобальною, мало хто сумнівається, що в ній домінує Японія. Однак, ця позиція, ймовірно, зміниться протягом наступних кількох років після нещодавнього оголошення великими компаніями-виробниками скла в США, Великій Британії та Європі про самоочисне побутове скло на основі напівпровідникового фотокаталізу.

Основною метою майбутньої роботи є розробка напівпровідникової фотокаталізуючої плівки, здатної використовувати як видиме, так і ультрафіолетове світло. Якщо ця мета буде досягнута, очікується, що це призведе до значного зростання галузей промисловості та ринків.

Література

1. Sordello, F., Calza, P., Minero, C., Malato, S., & Minella, M. (2022). More than One Century of History for Photocatalysis, from Past, Present and Future Perspectives. *Catalysts*, 12(12), 1572. <https://doi.org/10.3390/catal12121572>
2. Djellabi, R., Giannantonio, R., Falletta, E., & Bianchi, C. L. (2021). SWOT analysis of photocatalytic materials towards large scale environmental remediation. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 33, 100696.

WIND ENERGY POTENTIAL IN UKRAINE

Vasyukov V.V., Morneva M.O. Ph.D., Assoc. Prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian national university

The development of renewable energy sources, including solar, wind and others, is important for solving two critical problems facing the world today: the energy crisis and climate change. Renewable energy sources contribute to energy security, and also indirectly improve air quality and human health.

The use of wind energy is an energy source that does not depend on oil and gas, so the transition to alternative energy reduces the amount of CO₂ emissions into the atmosphere.

Wind is a form of solar energy that arises as a result of a combination of three simultaneous events: the sun heats the atmosphere unevenly; the Earth's surface is uneven; the Earth rotates.

The ancient Egyptians began using wind power to power sailboats as early as 3500 BC. Later, in China, Persia, and the Middle East, windmills were used for both grinding and pumping. Around the 1300s, the Dutch built windmills with a horizontal axis structure. In 1887, Professor James Blyth built the first modern-type wind turbine for generating electricity in Scotland.

Independently of him, in the United States, engineer Charles Brush created the first automatic 12 kW wind generator in 1988.

Wind turbines that convert wind energy work on a simple principle. Imagine a room fan that uses electrical energy to produce wind. In wind turbines, the reverse principle applies: the wind rotates the turbine's helical blades around a rotor, and the rotor rotates a generator, which creates electrical energy.

A wind turbine converts wind energy into electricity using the aerodynamic force created by the wind flowing past the blades. The blades work in the same way as an airplane wing or a helicopter blade: when wind flows across a rotor blade, the air pressure on one side of the blade decreases. The difference in air pressure on both sides of the blade creates both lift and drag. The lift is stronger than the drag, and this causes the rotor to rotate. The rotor is connected to a generator directly (if it is a direct-drive turbine) or through a shaft and gearbox, which accelerates the rotation of the shaft. At the generator's output, the mechanical energy of rotation is converted into electrical energy.

And what about wind in Ukraine? Let's turn to the results of research by scientists from the Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine [1]. It is safe to say that the regions with the highest wind speeds are the coastal area along the Sea of Azov, the southern part of Crimea, and, unexpectedly, the city of Khmelnytsky and the Carpathians. Therefore, Ukraine has the potential for the development of wind energy, but the wind speed does not exceed 6 m/s, which is less than the oceanic coastal zones with a speed of 10-12 m/s. Wind energy has come a long way: from sails, mills for grinding and irrigation to complex engineering systems for generating electricity. Recommended places for installing wind turbines are coastal areas with the highest wind speed. There are such regions in Ukraine, but in addition to the coast, mountains and certain areas of plains are added to them. Only 35.8% of wind energy is converted into electricity. This is due to both physical limitations and the principles of wind turbine construction. Designing wind turbines today is a complex engineering and scientific task. The use of wind turbines reduces carbon dioxide emissions into the atmosphere and does not lead to mass bird deaths due to collisions with wind turbine blades.

Literature

1. Wind energy. URL https://www.ive.org.ua/?page_id=6600&lang=uk (date of application 25.04.2025).

DIAGNOSTICS TOOLS AND EQUIPMENT FOR ELECTROMECHANICAL MODULES AND SYSTEMS

Kalinin A.M., Morneva M.O. Ph.D., Assoc. Prof.
Volodymyr Dahl East Ukrainian national university

Devices employed in the diagnosis of electrical systems are categorized based on their function: those measuring electrical parameters and those assessing non-electrical parameters.

Electrical measurements are carried out through contact-based (galvanic) or non-contact methods, utilizing transducers of electromagnetic energy and electrical measurement tools. These include voltmeters, ammeters, frequency meters, oscilloscopes, and ohmmeters. Electrical measurement of non-electrical values is achieved via transducers that convert the non-electrical parameter (influence) into an electrical one (signal, parameter).

Non-electrical measurements are conducted using measurement instruments and devices allowing direct evaluation. Examples include probes, dynamometers, thermometers, manometers, and hydrometers. Non-electrical (mechanical, hydraulic, pneumatic, optical) devices and systems are diagnosed with the aid of electrical measurement systems, incorporating transducers designed for non-electrical quantities.

Diagnostic tools for any technical system can be classified based on several general characteristics: purpose, category, structure, functional content, and construction attributes. The functional purpose and category of a diagnostic tool are instrumental in characterizing its design, composition, and its link to the object being diagnosed. When it comes to mechatronic systems, several categories of diagnostic tools exist and are organized in a specific hierarchical structure.

An electrical diagnostic instrument is a diagnostic tool where the measurement and recording (indication) of a diagnostic parameter (electrical or non-electrical) are realized using electrical means (contact-based or non-contact).

A non-electrical diagnostic instrument is a diagnostic tool where the measurement and recording (indication) of a non-electrical diagnostic parameter are performed using non-electrical methods involving direct evaluation instruments.

A diagnostic device is a diagnostic tool that is an integral component of a diagnostic instrument (bench, complex), performs specific conversion functions, but lacks an operator interface (control elements and indicators). Diagnostic equipment comprises the diagnostic tools that are installed on board a vehicle or integrated into its assemblies or systems (forms part of the vehicle). Diagnostic apparatus refers to the diagnostic tools used outside the vehicle's confines (does not form part of the vehicle). A diagnostic setup is a diagnostic tool used to activate (stimulate) the object under diagnosis for inspection purposes. A diagnostic bench represents a stationary combination, both in terms of construction and function, of a diagnostic setup and diagnostic instruments. A diagnostic system is a diagnostic tool which features a combination of diagnostic equipment at functional (software) and hardware levels. A diagnostic complex represents a functionally interconnected diagnostic apparatus which incorporates diagnostic benches and instruments with different intended purposes (diagnostic stations, lines).

This process involves defining the connection to the vehicle's onboard systems, the portability, the type of indication used, the power supply type or, alternatively, selecting a design prototype (an analogous tool, a previous modification, or a base model)

A distinguishing characteristic of modern diagnostic instruments is their microprocessor-based structure. This feature allows the integration of display-based indication methods into the instrument's design or to integrate universal computer technology devices (monitor, keyboard, printer) as peripheral components. The autonomy offered by these diagnostic instruments provides the unique capability of their utilization for diagnosing systems in varying conditions.

REGARDING SOLAR POWER PLANTS

Morduga V., Morneva M. Ph.D., Assoc. Prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian national university

Constant shelling of power infrastructure facilities and loss of control over some power plants due to the full-scale invasion of the occupation troops of Moscow led to a reduction in electricity generation in the Unified Power System of Ukraine (UPSU) [1]. Because of this, in order to ensure the balance of electric power in the UPSU, dispatchers are forced to apply restrictions on electricity consumption for consumers at certain periods. The situation is especially critical during emergency unloading of the power system, since facilities that ensure the vital activity of the population are often turned off, such as hospitals, boiler houses, pumping stations, etc.

To avoid a humanitarian crisis, diesel generators were installed at critical infrastructure facilities. However, their use has certain specifics related to their operation and fuel storage [2]. Therefore, most enterprises consider solar power plants (SPPs) as an alternative. The absence of a fuel component, emissions and noise during operation, low operating costs and high reliability make these systems quite attractive even given the high initial capital investment and variability of generation over time.

In modern Ukraine, in accordance with the goals set in the European Commission's RePowerEU Plan, the small solar generation sector will actively develop, namely the installation of photovoltaic systems on the roofs of buildings and in households. RePowerEU provides for the mandatory installation of solar panels on the roofs of buildings (new commercial and public) by 2025, as well as on the roofs of new residential buildings by 2029. The goal of the Plan is to increase the share of solar photovoltaic energy by 2025 and achieve a total of 600 GW by 2030 [1,2]. According to the Concept of the “Green Energy Transition of Ukraine”, presented by the Government of Ukraine in 2020, “Ukraine is fully capable and economically feasible to achieve a 70% share of RES in electricity production by 2050. Moreover, a significant part (up to 15%) should be electricity production from rooftop solar power plants in households and businesses” [3].

Reforming the electricity industry based on renewable energy sources in Ukraine in accordance with Law No. 3220-IX “On the Restoration and Green Transformation of the Energy System of Ukraine”, which amends 18 laws and concerns many aspects of the functioning and development of the energy markets of Ukraine, is aimed, in particular, at the development of small distributed generation. [4]. This will allow companies - owners of solar power plants to discharge surpluses from their own electricity consumption into the general network and receive mutual settlement for the consumed kilowatt-hours during the period when the solar plant is not active.

The service life of rooftop solar power plants is more than 25 years, with proper operation, replacement or repair of equipment may be required no earlier than after 15 years and only for controllers and inverters. Solar panels require minimal maintenance and can be installed on roofs of any type, which eliminates the costs of purchasing or releasing a land plot. In addition, solar panels for the roof serve as protection from atmospheric phenomena.

Literature

1. Ukraine's renewable energy sector before, during and after the war. URL <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
2. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and rapidly advance the “green transition”. URL https://ec.europa.eu/commission/resscorner/detail/uk/ip_22_3131
3. Green energy reform: Law on stimulating energy market development adopted. URL https://biz.ligazakon.net/news/220617_reforma-zeleno-energetiki-priynyato-zakonshchodo-stimulyuvannya-rozvitku-energorinku
4. Rooftop solar power plants in Ukraine. URL <https://avenston.com/portfolio/>

FROM SOIL TO ROCKWOOL: THE FUTURE OF TOMATOES IN CLOSED ECOSYSTEMS

Anikieiev M., Sotnikova T., PhD, Associate Professor
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

Introduction

The global agriculture industry, which faces urbanization and climate change, depletion of resources, is turned towards Controlled Environment Agriculture (CEA). It induces one of the significant crops, tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), grown in hydroponic cultivation and rockwool substrates within closed greenhouses. The paper further studies this shift and its automation making it scalable [1].

Automation in Hydroponic Tomato Cultivation

Rockwool is an inert substrate formed from spun basalt fibers, and hydroponic systems using it offer the most optimal conditions for root development with the best porosity and water retention possible. Precision drip fertigation brings tomatoes grown on rockwool into resource-efficient use compared with open-field.

Comparative study (Figure 1) shows that coir has less germination (68%) as a result of saturation while pine bark substrates extend until achieving 100% germination in all the conditions studied. Rockwool seedlings have the tallest plant (3.89 cm), leaf area (9.72 cm²), and biomass above all other nesting conditions, proving it suitable for propagation[1].

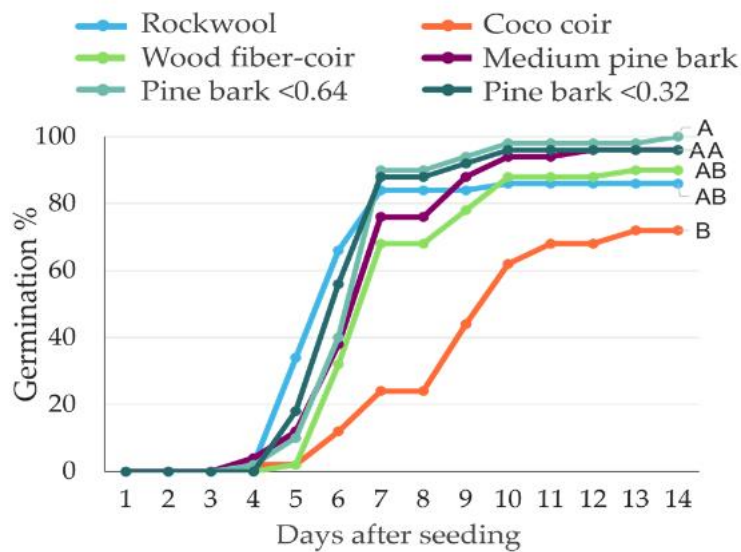


Figure 1. Effect of various substrates on tomato (Favorita F1) propagation under overhead irrigation [1]

Automation supports every step in hydroponic tomato production. Irrigation and fertigation systems respond real-time, based on moisture, EC, and pH sensors, to autonomously adjust nutrient delivery according to the crop development stage, thus minimizing waste and maximizing uptake.

Control systems adjust the cultivation parameter temperature, humidity, CO₂ levels, and lighting automatically, mostly even using weather forecasts. Systems, such as automated vents and thermal screens, are controlled with LED lighting integrated into greenhouse climate computer.

Modern facilities also use automated conveyor belts to shift plants through different zones of maturity, typically supplemented by robots in vertical training. AI-powered robots are becoming increasingly popular because they sense ripe flowers and vibrate them to induce pollination.

Machine vision systems are increasingly being used to enjoy early monitoring of the health status of plants. They can also detect pests, diseases, or deficiencies in nutrients. Specialized robots can also harvest ripe but gentle tomatoes without damaging the source plant and maximizing the yield.

Automation tightly integrates hydroponic tomato cultivation into one ecosystem rather than underpins productivity, cuts inputs, and continuous year-round cultivation outside.

Conclusion

The transition to rockwool hydroponic systems from soil marks innovation in tomato production. While substrate selection is critical, as indicated in Figure 1, the engine of real success is integrated automation: smart fertigation, climate control, robotic pollination, and harvesting are foundational for the sustainable, scalable, and resilient tomato production systems of the future.

Reference

1. Substrate Comparison for Tomato Propagation under Different. Fertigation Protocols.

SORPTION GAS CAPACITY OF COAL

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof.

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The gas content (methane content) of developed coal seams is one of the main parameters determining the gas content (methane content) of mine workings and the outburst hazard of seams. Its value is necessary for predicting the gas content of working and development faces, choosing a method for managing methane emission, predicting the outburst hazard of coal seams, conducting blasting operations on coal, etc. [1].

The gas content of workings is calculated on the basis of a number of equations, in which one of the parameters is the natural gas content of coal seams. This value is also included in the equations by which the degassing conditions are established. Gas capacity, i.e. the amount of gas that can be absorbed by coal under certain conditions, is closely related to the physical structure of the coal substance – a highly porous natural sorbent.

It is believed that the main share of gases in coal deposits, namely: methane (up to 60-98%), carbon dioxide (up to 25%), nitrogen (up to 70%), hydrogen sulfide, hydrogen (up to 20%), ethane and propane (up to 13-15%), are apparently formed due to gas-forming processes during the transformation of plant organic matter into peat and coal, as well as during the metamorphism of coals and their weathering.

Hypotheses of the formation, location and release of methane from both unloaded and developed coal seams are based on the idea, obtained including from the results of laboratory experiments, that methane is a priori found in coal matter either in a free state in macropores, or in a sorbed state in micropores, or in a state of a solid gas-coal solution, or is generated from the fringe of coal matter due to the mechanochemical transformation of coal matter during its unloading from the pressure of the overlying rock mass, as well as during the manifestation of dangerous gas-dynamic phenomena such as sudden emissions of coal and gas, etc.

The methane-coal system existing in coal seams differs from other gas-solid systems in that the methane was not absorbed by the coal at any particular moment, but was formed during the coal formation processes and remained in the fossil coal due to its high sorption capacity.

The chemical reactions that took place during coalification were accompanied by the splitting off of side groups from the central nuclei of coal molecules. This led to the cleaning of the coal surface, and the gases remaining in the seams, due to the fact that they were covered by rocks, contributed to the formation of porosity in the coal.

The concepts of absorption, physical adsorption and chemisorption are usually combined under the term “sorption”, which was proposed by McBain in 1909. The phenomenon of sorption was first described by Scheele in 1877 on charcoal, which actively absorbed gases and vapors.

When establishing equilibrium between the phases in a gas-solid system, it is usually irrelevant whether the gas entered the system from outside or was generated during reactions of solid transformation. Concentration of gas on the interface of two phases – gaseous (sorbate) or solid (sorbent) – occurs under the influence of molecular forces that are unbalanced on the surface of the sorbent. A surface molecular field or a field of sorption forces is created at the interface of different phases. The intensity of this field is a very rapidly decreasing function of the distance from the surface.

When studying the geology of a deposit, determining the gas content of coal seams is a critical task, since based on gas content data, it is possible to predict the gas content of mine workings and the amount of gas that will be released into mine workings during sudden outbursts.

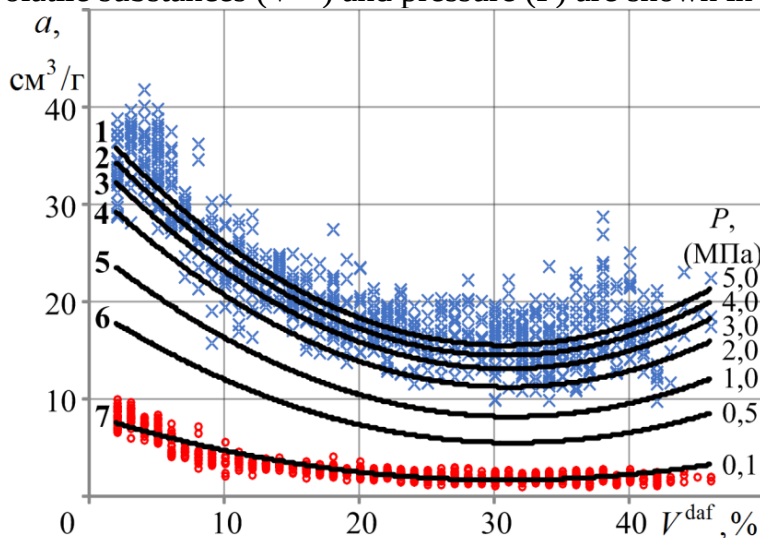
The forecast of gas content in coal mines and the design of seam drainage methods cannot be solved without studying the conditions of equilibrium in the heterogeneous gas-rock system, investigating the forms of communication in this system and studying the dependence of the gas capacity of coals on their chemical and petrographic composition, geological factors, the physical

state of coal in the seam, and the composition and properties of gases.

To control gas emission in mines, it is necessary to study the diffusion of gases through rocks, the filtration and outflow of gas through cracks, the kinetics of the transition of gas from one form of bond to another and the mechanism of spontaneous shifts in equilibrium in the system. The determination of the gas content of coal seams is carried out either by a direct method, i.e. by taking coal samples from the seam with the preservation of natural gas, or indirectly, based on a laboratory study of the gas capacity of coal and conditions closest to the natural conditions of the coal seam.

An indirect method based on determining the amount of sorbed methane in coal under conditions as close as possible to those actually existing in a coal seam (temperature of rocks, moisture content of coal, gas pressure), and free methane in the filter volume of coal under the same conditions. This method should be considered as a control method when determining natural gas content by other methods, since it determines the maximum capabilities of coal as a gas collector (potential gas capacity).

It is known that the potential methane capacity of coals decreases with an increase in the yield of volatile substances. The results of statistical processing of the dependence of the sorption methane capacity of coals and anthracites of the Donetsk and Lviv-Volyn basins on the yield of volatile substances (V^{daf}) and pressure (P) are shown in the graph (Fig. 1).



×, ○ – experimental data [2]
respectively at $P=5.0$ MPa and $P=0.1$ MPa;

1-7 – empirical averaging curves of a second-order polynomial obtained by the least squares method, respectively, at pressure P from 0.1 to 5.0 MPa; standard deviations: $\sigma_1=0.74$ cm³/g; $\sigma_2=1.51$ cm³/g; $\sigma_3=1.94$ cm³/g; $\sigma_4=2.36$ cm³/g; $\sigma_5=2.63$ cm³/g; $\sigma_6=2.87$ cm³/g; $\sigma_7=3.0$ cm³/g;

Fig. 1 Dependence of the sorption methane capacity (a) of fossil coals on the yield of volatile substances (V^{daf}) at different pressure values (P)

With pressure changes within the range from 0.1 to 5.0 MPa, a high correlation dependence of the sorption methane capacity of hard coals and anthracites (a) on the yield of volatile substances (V^{daf}) was obtained in all cases. This is evidenced by the high values of the determination coefficients ($R^2=0.81\div0.87$). With an increase in pressure from 0.1 to 5.0 MPa, a significant increase (four times) in the standard deviations (σ) is observed, respectively, from the averaging curves 1 and 7 ($\sigma_1=0.74$ cm³/g and $\sigma_7=3.0$ cm³/g, Fig. 1).

Reference

1. Мінеєв С.П. Підвищення ефективності гідралічного розпушування викиднебезпечних вугільних пластів: монографія / С.П. Мінеєв, А.А. Потапенко, Т.Я. Мхатварі, [та ін.]. – Донецьк: ТОВ «Східний видавничий дім», 2013. – 216 с.
2. Katalog kolektorskich svoystv kamennykh ugley i antratsitov Donetskogo i L'vovsko-Volynskogo basseynov. MakNII. Makeyevka-Donbass. 1985. 48 s.

SWITCH-INDUCTOR ELECTRIC DRIVE FOR GENERAL INDUSTRIAL MECHANISMS

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Bezkrivnyi O.O. master's student gr. EE-24ДМ
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

One of the promising systems of adjustable electric drives are switch-inductor electric drives (valve-inductor drive) using an inductor electric machine with a passive rotor. On the stator of such a machine there are electromagnets-inductors (Fig. 1), through the windings of which a direct current is alternately passed. The rotor of the motor has no windings (passive) and contains a number of teeth, the number of which does not coincide with the number of teeth of the stator magnetic circuit.

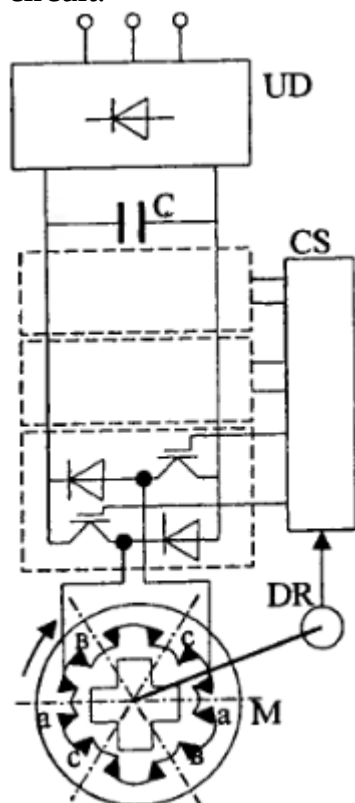


Fig. 1 Functional diagram of a switch-inductor (valve-inductor) electric drive

Fig. 1 shows an electric machine with 6 teeth of the magnetic circuit on the stator and 4 on the rotor. The machine is controlled by a valve (transistor) switch, which switches the inductor windings. The main feature of switched-inductor drives is that the inductor windings are switched in accordance with the rotor position, for which purpose the circuit uses a position sensor DR.

The operating principle of a switched-inductor drive consists of the alternate sequential connection of inductors (*a-a*, *b-b*, *c-c*), the flow of which is closed through the rotor teeth. Excitation of the inductor causes the emergence of electromagnetic forces of attraction between the inductor teeth and the rotor teeth closest to them.

Under the action of these forces (torque), the rotor rotates and takes a coordinated position when the rotor teeth are set opposite the teeth of the excited phase. Since the number of stator and rotor teeth is different, then in the coordinated position for one inductor, for the next inductor, the rotor teeth will be in a misaligned position.

Therefore, when the first inductor is switched off and the next one is switched on, the rotor will again turn by one pole division. Sequential switching of the inductors using the position sensor through the CS control system ensures continuous generation of torque and, consequently, continuous rotation of the motor rotor.

The magnitude of the electromagnetic torque is determined by the average value of the current supplied to the inductor windings. Therefore, the motor torque is regulated by changing the voltage supplied to the inductor windings. In the circuit of Fig. 1, the voltage is changed using the pulse-width regulation method (PWM). PWM is a technique used to control the power delivered motors by varying the width of the voltage pulses in a periodic signal. For precise speed regulation, an external control loop is introduced in the drives under consideration.

Switch-inductor electric drives are distinguished by their simple design and economy. They are used for general industrial mechanisms with a power of up to approximately 50 kW, which do not impose high requirements on the quality of regulation. The use of switch-inductor drives is especially effective for high-speed mechanisms with a nominal speed of 6000 rpm and higher.

The properties of this electric machine are close to the classic synchronous machine with excitation from the rotor side and sliding contact. However, in the machine under consideration,

the excitation winding is located on the stator, and there is no sliding contact.

The rotor and stator are made of laminated iron, there are no permanent magnets. The stator winding is distributed (there are variants of this type of machine with a concentrated winding), three-phase. The turns of the stator winding cover both machine packages at once.

The operating principle can be simplified as follows: the rotor tends to turn to a position in which the directions of the magnetic flux in the stator and rotor coincide. In this case, half of the electromagnetic torque is formed in one package, and half in the other. It should be noted that the machine implies bipolar power supply, the electromagnetic torque is active and is formed due to the interaction of the field created by the excitation winding current with the field created by the stator windings. In terms of its operating principle, this machine differs from classic stepper motors and motors in which the torque is reactive. From the control point of view, the machine is equivalent to a synchronous machine with slip rings. Thus, a switch-inductor motor with independent excitation has the following advantages:

- Absence of sliding contact.
- Simplicity and manufacturability of the design.
- Controlled excitation.
- No rotor remagnetization, and, consequently, no losses in it.
- Application of classical vector control for machine control.
- Use of a standard three-phase inverter in the control converter.
- No risk of inverter damage due to the occurrence of an increased EMF of the motor when operating in the field weakening zone (in a synchronous machine with permanent magnets, there is such a risk).

The disadvantages include the need to use special measures to prevent the excitation magnetic flux from closing along the bearing shields, bypassing the stator teeth. The presence of such a parasitic path can lead to premature failure of the rolling bearings.

Despite the fact that the switch-inductor drive has increased weight and dimensions compared to the drive on permanent magnets, due to the adjustable excitation, the switch-inductor drive can implement a larger speed range with constant power, which makes this machine attractive, for example, for traction applications or electric drive of the turnout [1].

The switch-inductor drive with independent excitation is equivalent to a classic synchronous machine in terms of control and operating principle.

The use of a distributed stator winding instead of a concentrated one (usually used in machines of this type) should reduce the remagnetization of the rotor iron, potentially reduce the noise level, which is important for transport applications. The depth of the field weakening in such a drive is limited only by the residual flux and can be significantly greater (10:1 or more) than in a synchronous drive with permanent magnets, which increases the speed range when working with constant power. A standard power base and a classic vector control structure supplemented with some field weakening algorithm can be used to control the drive. With all this, the machine is technologically advanced in manufacture, allows for high overheating, and allows for easy heat removal from the stator, which makes the use of a switch-inductor drive promising for general industrial mechanisms.

Reference

1. Buriakovskiy, S. G., Maslii, A. S., Asmolova, L. V., & Goncharuk, N. T. (2021). Mathematical modelling of transients in the electric drive of the turnout of the mono-sleeper type with switched-inductor motor. *Electrical Engineering & Electromechanics*, (2), 16–22. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2021.2.03>

MODERN CLASSIFICATION OF AUTOMATED ELECTRIC DRIVES

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Loda I.Yu. student of group EE-22д

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Electric drives used in various technological installations are diverse in their circuit and design, which is associated with a wide variety of working machines. All automated electric drives can be conditionally divided into two large groups [1]: automated DC electric drives and automated AC electric drives. Automated AC and DC electric drives are widely used in the automation of industrial installations and electric transport.

Of all the existing methods of electric drive control, the method using pulse-width modulation (PWM) is currently considered the best. Pulse-width DC converters are used to control DC electric drives. This control method allows one to generate the required motor supply voltage, achieve high response speed and a wide range of angular velocity control when the electric drive load changes over a wide range. Frequency converters with pulse-width modulation are used to control AC electric drives. This control method allows one to generate the required shape and amplitude of the AC motor supply voltage, achieve the specified response speed and a wide range of angular velocity control with different load characteristics.

Classification of electric drives by individual features.

1. By type of electric motor movement:
 1. Rotational movement;
 2. Linear;
 3. Multi-coordinate movement
2. By the method of connecting the engine to the working element:
 4. Geared;
 5. Gearless;
 6. Structurally integrated.
3. By regulation method (by adjustability):
 7. Non-adjustable;
 8. Multi-speed;
 9. Adjustable.
4. By automation level:
 10. With manual control;
 11. With semi-automatic control;
 12. With closed speed control system with manual setting;
 13. With closed position control system, providing precise positioning;
 14. With software control;
 15. Tracking.
5. By number of electric motors:
 16. Single-motor;
 17. Multi-motor.
6. By number of working bodies:
 18. Individual;
 19. Group.

Classification by type of motion. The most widely used, and until recently exclusively used, are rotary motion electric drives. However, recently, considerable attention has been paid to linear motors. In those mechanisms where the working element performs translational or reciprocating motion, the use of linear motors is structurally much more convenient than the use of special kinematic pairs: screw-nut, ball-screw transmissions, crank-connecting rod mechanism, etc. Due to low energy and weight-dimensional indicators, linear electric motors have not found application. The creation of new efficient designs of linear motors powered by semiconductor frequency

converters opens up new possibilities for the use of linear electric drives for a number of production machines, primarily for metal-cutting machines.

Multi-coordinate electric drives based on special stepper electric motors are used in high-precision robotic installations, assembly machines and for other purposes.

Most existing electric drives are based on short-circuited asynchronous electric motors, which do not allow speed or torque control in their standard power supply circuit. Two- and three-speed motors are a modification of single-speed asynchronous electric motors. Electric drives with multi-speed motors make it possible to obtain two or three fixed operating speeds, but cannot provide smooth speed control in a given range. Electric drives with rheostat-contactor control can also be classified as similar in controllability. Such drives do not make it possible to regulate the torque and acceleration of the electric drive and to form the required nature of speed change over time. Therefore, an electric drive with multi-speed electric motors and contactor control cannot be considered as adjustable.

The concept of an adjustable electric drive includes the following:

20. setting any speed within a specified range according to the task;
21. stabilization of the set speed value with a specified accuracy under disturbing influences, for example, a change in the load on the motor shaft;
22. regulation of the torque developed by the motor in the motor and braking modes, and acceleration (deceleration) of the drive;
23. formation of the required nature of the change in speed over time $\omega=f(t)$ with a specified accuracy.

The modern trend is the ever wider use of adjustable electric drives.

Depending on the speed control range, adjustable electric drives are divided into:

24. adjustable drives with a limited control range (no more than 2:1);
25. general-purpose adjustable drives with a control range of no more than 100:1;
26. widely adjustable electric drives (speed control range of about 1000:1);
27. high-precision electric drives (control range of 10,000:1);
28. precision electric drives (control range of 30000:1 and higher).

The size of the control range determines the accuracy of control and the speed of the electric drive.

The classification of electric drives by the degree of automation includes electric drives with control systems that differ in their functional capabilities and complexity. The simplest systems with manual control are typical for unregulated electric drives. Such electric drives have a control system based on relay-contactor equipment that performs the functions of starting, stopping, protecting and blocking.

Electric drives with semi-automatic control imply control of the electric drive by the operator using a command controller, control buttons and other devices. The control system contains elements of automatic control and regulation, providing automatic change of the electric drive parameters (for example, switching of the resistance stages of the starting rheostat as a function of current or time) in accordance with the operator's commands. Such systems are typical, for example, for the electric drive of overhead cranes.

For an adjustable electric drive, closed current and speed control systems are usually used. In this case, control can be performed by the operator, as is done, for example, by excavator operators, reversible rolling mills and other machines. The speed task can also be determined by the process automation system (for example, paper machines, dispensers and other machines). The next type is positional electric drives, which provide precise stopping of the working element of the mechanism in a given position. The control systems of such electric drives contain a closed position loop, acting constantly or when the working element enters the precise stop zone.

If the setting action on the parameters of the working element's movement is set by software,

then such electric drives constitute a class of electric drives with numerical control (NC). CNC drives contain closed loops for speed and position control.

If the position of the working element must change in accordance with a task, the nature of which is not known in advance, then the function of the electric drive in this case is to track and process this task with the required accuracy. Such an electric drive is called a tracking drive.

In recent years, the adjustable electric drive has been actively replacing the unadjustable one. The technical and economic grounds for using the adjustable electric drive are:

29. technological requirements related to the need to regulate the torque, speed and position during the technological process (e.g. metal-cutting machines, overhead cranes, etc.);

30. the possibility of optimizing the technological process by regulating electromechanical parameters (e.g. rolling mills, etc.);

31. increasing the efficiency of energy use, saving it when using an adjustable electric drive (pumps, fans and other machines);

32. automation of working machines and technological complexes, which in most cases is impossible without using an adjustable electric drive;

33. ensuring the stability of the quality of manufactured products (with changes in raw material parameters, production conditions, tool wear, requiring adaptation of the technological process to maintain product quality);

34. creation of flexible technologies, machine complexes and production (i.e. a complex of machine equipment that can be rebuilt to produce new products without changing the working machines themselves).

The adjustable electric drive is, especially in the future, the defining type of automated electric drive.

By now, a range of adjustable electric drive systems has been determined that have become the most widespread and will be used in the coming decades:

35. short-circuited asynchronous motor powered by a semiconductor frequency converter;

36. valve motor (brushless DC motor with a semiconductor switch) based on a synchronous machine;

37. DC motor powered by a thyristor or transistor converter;

38. asynchronous valve cascade based on an asynchronous motor with a phase rotor and a thyristor converter.

Stepper electric drives and valve-inductor electric drives should also be included among promising electric drives.

A group electric drive is characterized by the fact that several actuators of one or several working machines are set in motion by one engine through a transmission. The kinematic chain in such a drive is complex and cumbersome, and the electric drive itself is uneconomical, its operation and automation of technological processes are complicated.

An individual electric drive is characterized by the fact that each actuator of the working machine is driven by its own separate engine. This type of drive is currently the main one, since with an individual electric drive, the kinematic transmission from the engine to the actuator is simplified (in some cases, it is completely eliminated), automation of the technological process is easily carried out, and the conditions for servicing the working machine are improved. An individual electric drive is widely used in various modern machines, for example: in complex metal-cutting machines, lifting and transport machines, robotic manipulators, etc.

Reference

1. Veltman A., Pulle D.W.J., Doncker R.W.De. Fundamentals of Electrical Drives. Springer. 2016.

APPROACHES TO SPEED CONTROL OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Maiboroda M.V. student of group EE-23д

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The asynchronous motor (AS Motor) is the most common electric motor. These motors are produced with a capacity from 0.1 kW to several thousand kilowatts and are used in all branches of the economy. The main advantage of the asynchronous motor is the simplicity of its design and low cost. However, according to the principle of its operation, the asynchronous motor in the usual connection scheme does not allow regulation of its rotation speed. Particular attention should be paid to the fact that in order to avoid significant energy losses, and, consequently, for short-circuited asynchronous motors to avoid overheating of its rotor, the motor must operate in a long mode with minimal slip values.

An induction motor is practically a constant speed motor, that means, for the entire loading range, change in speed of the motor is quite small. Speed of a DC shunt motor can be varied very easily with good efficiency, but in case of Induction motors, speed reduction is accompanied by a corresponding loss of efficiency and poor power factor. As induction motors are widely being used, their speed control may be required in many applications.

Let's consider possible methods of speed control of asynchronous motors (Tab.1) [1, 2].

Table 1. Classification of methods for regulating the speed of an asynchronous motor

Methods of speed control of asynchronous motor					
Changing the speed of the electromagnetic field of the stator ω_0		Change in motor slip at a constant value ω_0			
1.Frequency regulation by changing f_1	2.Switching the number of pole pairs p	3.Changing the supply voltage value U_1	4.Introduction of additional resistance into the rotor circuit R_{2add}	5.Asynchronous gate cascade	6. Double-fed motor

Note to tab. 1: 1-3 – for short-circuited (squirrel-cage rotor) AS motors; 3-6 – for wound-rotor AS motors.

The engine speed is determined by two parameters: the speed of rotation of the electromagnetic field of the stator ω_0 and the motor slip s :

$$\omega = \omega_0 - s_{abs},$$

$$\omega = \omega_0 - \omega_0 s.$$

Based on these expressions, two methods of speed regulation are fundamentally possible: regulation of the stator field rotation speed and regulation of slip at a constant value ω_0 .

The speed of rotation of the stator field is determined by two parameters: the frequency of the voltage supplied to the stator windings f_1 , and the number of pole pairs of the motor p . Accordingly, two methods of speed regulation are possible: changing the frequency of the supply voltage by means of frequency converters included in the motor stator circuit (frequency regulation), and by changing the number of pole pairs of the motor.

Motor slip (s) regulation at a constant speed of rotation of the stator field for short-circuited asynchronous motors is possible by changing the value of the stator voltage at a constant frequency of this voltage. For asynchronous motors with wound-rotor, in addition, two more methods are possible: introducing additional resistances into the rotor circuit (rheostat regulation) and introducing an additional adjustable EMF into the rotor circuit by means of frequency converters included in the rotor circuit (asynchronous gate cascade and double-fed motor).

At present, thanks to the development of power conversion technology, various types of

semiconductor frequency converters have been created and are being mass-produced, which has determined the advanced development and widespread use of frequency-controlled asynchronous electric drives. The main advantages of this system of controlled electric drives are:

1. smooth control and high rigidity of mechanical characteristics, which allows speed control in a wide range;
2. efficiency of control, determined by the fact that the engine operates with small values of absolute slip, and losses in the engine do not exceed nominal values.

The disadvantages of frequency regulation are the complexity and high cost (especially for high-power drives) of frequency converters and the complexity of implementing the regenerative braking mode in most circuits.

Changing the speed by switching the number of pole pairs of an asynchronous motor allows obtaining several (from 2 to 4) values of operating speeds, i.e. smooth speed regulation and the formation of transient processes with this method are impossible. Therefore, this method has certain areas of application, but cannot be considered as a basis for constructing adjustable electric drive systems.

Speed control of an asynchronous motor by changing the magnitude of the supply voltage at its constant (standard) frequency for asynchronous motors with a squirrel-cage rotor has limited application due to the fact that speed control here is associated with losses of slip energy released in the motor rotor and leading to its overheating. The mechanical characteristics obtained with this method are unfavorable for high-quality regulation. The control range does not exceed 1.5:1; deeper speed control can be allowed only for a short time. Based on this assessment, regulation by changing the magnitude of the supply voltage is used mainly only to ensure a smooth start of unregulated asynchronous electric drives or for a short-term reduction in speed. Sometimes this method of regulation is used to regulate the speed of pumps and fans (mechanisms with a fan-type load) of low power (up to 15 kW), but even in this case it is necessary to increase the installed power of the motor.

For asynchronous motors with a phase rotor, speed regulation can be performed by acting on the rotor circuit of the motor. When introducing additional resistance into the rotor circuit, the slip energy is dissipated not in the volume of the motor, but in the resistances. This method of regulation is assessed as uneconomical. When using relay-contactor circuits, smooth speed regulation is excluded. At present, control with the introduction of additional resistances into the rotor circuit is used mainly for starting asynchronous motors with a phase rotor. Electric drives with rheostat-contactor control are not considered by us as adjustable electric drives.

All control methods based on changing the slip of an asynchronous motor are associated with the release of slip energy in the rotor circuit of the motor. In the above methods, this energy was spent on heating the rotor winding and rotor resistances. There are systems of adjustable electric drives in which the slip energy is not lost in resistances, but is used usefully - it is returned to the power supply network, which makes the control in these systems economical. Such systems of adjustable drives include asynchronous valve cascades and double-fed motors. A feature of cascade circuits of an asynchronous drive is a limited control range - no more than 2:1. In this range, cascade circuits provide smooth and economical speed control. Such electric drive systems are most appropriate for powerful turbomechanisms - pumps and fans.

Reference

1. Marino R., Tomei P., Verrelli C.M. Induction Motor Control Design (Advances in Industrial Control). Springer; 2010. 371 p.
2. G.C. Diyoke, Okeke C. Different Methods of Speed Control of Three-Phase Asynchronous Motor. American Journal of Electrical and Electronic Engineering. 2016. Vol. 4, No. 2. P. 62-68

ELECTRIC DRIVE WITH LINEAR MOTORS

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Tsukor O.S. student of group EE-23д
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The concept of linear electric motors is more than 150 years old. The first proposal was patented in 1841 [1]. The first Linear Induction Drives (LIM) was patented in 1890. A lot of patents on the use of LIMs in textile shuttle propulsion appeared between 1895 and 1940. In 1905 two projects for applications of LIMs to traction were proposed. In 1923 a moving pavement for pedestrians propelled by a flat LIM was designed [1].

The overwhelming majority of electric motors are rotary motors. At the same time, many working parts of production machines must, according to their operating technology, perform translational (e.g., conveyors, transporters, etc.) or reciprocating motion (feed mechanisms of machine tools, manipulators, piston and other machines). The transformation of rotary motion into reciprocating motion is carried out by means of special kinematic links: screw-nut, ball-screw transmission, pinion-toothed rack, crank-connecting rod transmission, etc.

It is natural for designers of working machines to want to use motors whose rotor moves linearly to drive working parts that perform translational and reciprocating motion.

Electric drives using linear asynchronous, valve and stepper motors are currently being developed. In principle, a linear motor of any type can be formed from a rotary motion motor by linearly unrolling a cylindrical stator into a plane.

An idea of the structure of a linear asynchronous motor can be obtained by unrolling the stator of an asynchronous motor into a plane. In this case, the vector of magnetizing forces of the stator will move linearly along the stator unrolling, i.e. in this case, not a rotating (as in conventional motors), but a running electromagnetic field of the stator is formed. A ferromagnetic strip located with a small air gap along the stator unrolling can be used as a secondary element. This strip plays the role of a short-circuited rotor. The secondary element is carried away by the moving field of the stator and moves linearly at a speed lower than the speed of the stator field by the value of the linear absolute slip.

The linear velocity of the running electromagnetic field will be $V_0 = 3\tau \cdot f_1$, m/s, where τ , m is the pole pitch - the distance between adjacent poles of a linear asynchronous motor.

The speed of the secondary element is $V = V_0(1 - s_l)$, where s_l – relative linear slip.

When the motor is supplied with a voltage of standard frequency, the obtained field velocities will be quite high (more than 3 m/s), which complicates the use of these motors for driving industrial mechanisms. Such motors are used for high-speed transport mechanisms. To obtain lower speeds of movement and to regulate the speed of a linear asynchronous motor, its windings are supplied from a frequency converter.

Several design options for a linear asynchronous motor are used. Let us consider one of them, where the secondary element – a strip connected to the working element, moves along guides under the action of a running electromagnetic field created by a stator. Such a design is convenient for assembly with a working machine, however, it is associated with significant stator field leakage flows, as a result of which the $\cos\phi$ of the motor will be low.

To increase the electromagnetic coupling between the stator and the secondary element, the latter is placed in a slot between two stators, or the motor design is made in the form of a cylinder [1]. In this case, the motor stator is a tube, inside which cylindrical coils are located, which are the stator winding. Ferromagnetic washers are placed between the coils, which are part of the magnetic circuit. The secondary element - a tubular rod is also made of ferromagnetic material.

Linear asynchronous motors can also have an inverted design, when the secondary element is stationary, and the stator moves. Such motors are usually used in vehicles. In this case, a rail or a special strip is used as the secondary element, and the stator is placed on a movable carriage.

The disadvantage of linear asynchronous motors is low efficiency and the associated energy

losses, primarily in the secondary element (slip losses).

Recently, in addition to asynchronous motors, synchronous (valve) motors have begun to be used. The motor stator is turned into a plane, and permanent magnets are placed on the secondary element. An inverted design is possible, when the stator is a movable part, and the secondary element with permanent magnets is stationary. Switching of the stator windings is carried out depending on the relative position of the magnets. For this purpose, a position sensor is provided in the design.

Linear stepper motors are also effectively used for positional electric drives. If the stator of a stepper motor is turned into a plane and the secondary element is made in the form of a plate on which teeth are formed by milling grooves, then with the corresponding switching of the stator windings, the secondary element will perform discrete movement, the step of which can be very small - up to fractions of a millimeter. An inverted design is often used, in which the secondary element is stationary.

The speed of a linear stepper motor is determined by the value of the tooth division τ , the number of phases m and the switching frequency $V = \frac{\tau \cdot f}{m}$.

Obtaining high speeds of movement does not cause difficulties, since the increase in tooth pitch and frequency is not limited by technological factors. Limitations exist for the minimum value of τ , since the ratio of tooth pitch to the gap between the stator and the secondary element must be at least 10.

The use of a discrete drive allows not only to simplify the design of mechanisms that perform linear single-coordinate motion, but also makes it possible to obtain two- or multi-coordinate motion using one drive. If two winding systems are arranged orthogonally on the stator of the moving part, and grooves are made in two perpendicular directions in the secondary element, then the moving element will perform discrete motion in two coordinates, i.e. provide movement on a plane. In this case, the problem of creating a support for the moving element arises. An air cushion can be used to solve this problem - air pressure supplied to the space under the moving elements.

Linear stepper motors develop a relatively low traction force and have low efficiency. Their main application areas are light manipulators, light assembly machines, measuring machines, laser cutting machines and other devices.

Mathematical models of linear induction drives [2]. There are a lot of modifications of mathematical models of induction motor and each one has its area of application. Advanced electric drive is a mechatronic system which contains both mechanical and electronic units. Linear induction drive operates at transients when the supply voltage amplitude and frequency are variable or speeds vary in time. The typical examples of induction motor transients are: direct starting after turn off, sudden mechanical loading, sudden short circuit, and reconnection after short supply fault, behavior during short intervals of supply voltages reduction, performance with PWM converter fed. Mathematical model of linear induction drive is described by system of nonlinear differential equations with varying in time parameters. This model is called model in phase coordinate system. For simplification of solution, Park transformation and reference frames moving with different speed are used.

Reference

1. Gieras J.F. Linear Induction Drives. Oxford University Press. 1994. 293 p.
2. Rinkeviciene R., Poska A.-J., Slepikas A. Linear electric drives for constructional purposes. Journal of Vibroengineering. 2008. Vol. 10, No. 3. P. 370-377

ELECTRIC DRIVE WITH STEPPER MOTOR FOR GENERAL INDUSTRIAL MECHANISMS

Rudniev Y.S. Dr.Tech.Sci., Assoc. Prof., Zraiskiy A.O. master's student gr. EE-24ДМ
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The actuators of some working machines and mechanisms must perform strictly dosed movements with fixation of their position at the end of the movement. Typical examples of such mechanisms are electric feed drives of some metal-cutting machines, assembly units, manipulators and other machines. Stepper electric motors are used to drive such machines. The peculiarity of such motors is that their movement (angle of rotation for rotary motion motors or displacement for linear motion motors) is not continuous, but discrete - in steps. An electric drive with such motors is often called a discrete electric drive [1]. The widespread use of a discrete electric drive is determined by the fact that, according to the principle of its operation, it is naturally combined with digital control systems: microprocessors and numerical control devices, which are increasingly used in all areas of technology. Stepper motors are manufactured by industry with a capacity from several watts to several kilowatts. Motors are characterized by the torque (force) they develop and the step size (increments). The smaller the step size, the more accurately the working element of the machine is moved.

Let us consider the principle of operation of a stepper motor using the example of the simplest circuit of a two-phase motor with an active rotor (Fig. 1). Such a stepper motor has two pairs of clearly defined poles on the stator, on which the excitation windings are located, forming two phases of the motor. A permanent magnet (active rotor) is located on the rotor. The windings are powered by voltage pulses coming from the control device, which converts the sequence of control pulses - the number of steps - into a multi-channel sequence of pulses, where the number of channels is equal to the number of phases of the motor.

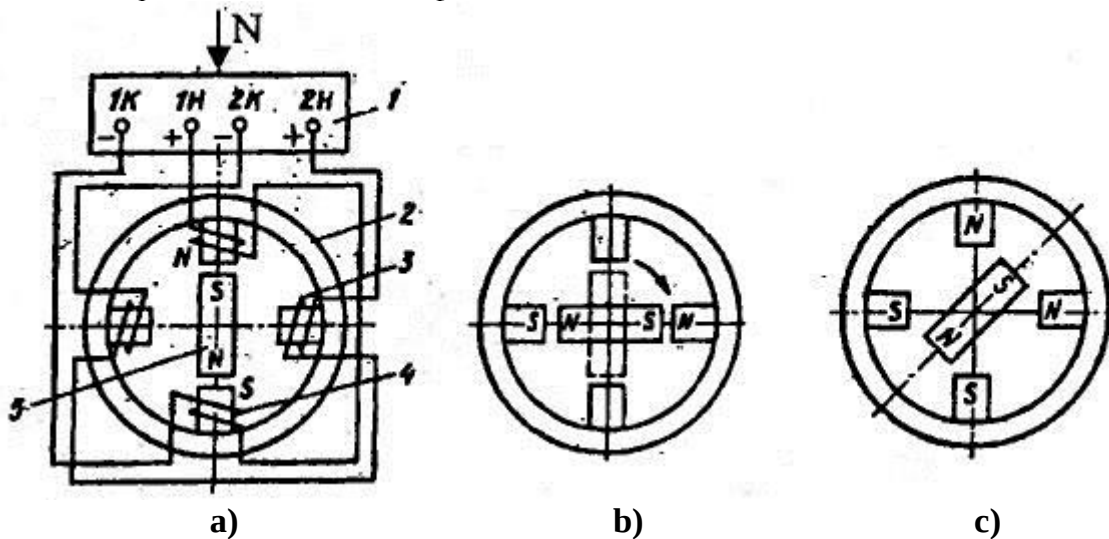


Fig. 1 Simplified diagram of a stepper motor with an active rotor

Let a voltage of a certain polarity be applied to the first winding (1H-1K). Then the motor rotor will take the position shown in Fig. 1, a. This position will be stable, since when deviating from it, a moment will act on the rotor, tending to return the rotor to its previous position.

To perform a step of movement, the voltage is removed from the first winding and applied to the second (2H-2K). In this case, the motor rotor will take a step, i.e. turn by an angle $\pi/2$ (Fig. 1, b). To perform the second step, it is necessary to remove the voltage from winding 2 and apply a voltage pulse of reverse polarity to winding 1, etc.

The angular displacement of the stepper motor in one step will be:

$$\alpha = \frac{\pi}{pn},$$

where p – number of rotor pole pairs (Fig. 1 $p=1$); n – number of stator winding phases.

In addition to the switching algorithm considered above, a more complex algorithm can be used that allows the step size to be halved. Let the initial position correspond to the condition for switching on winding 1, shown in Fig. 1. Next, without removing the voltage from winding 1, we connect winding 2 with the polarity corresponding to Fig. 1, c. In this case, the spatial vector of the resulting magnetomotive force will be located between the stator poles, i.e. the magnetic flux axis will rotate by an angle $\pi/4$. Accordingly, the rotor will rotate by half the pole division, i.e. by $\pi/4$.

To reverse the stepper motor, the polarity of the voltage pulses should be changed. Each control pulse corresponds to one step of rotor rotation. The total angle of rotation of the rotor corresponds to the number of incoming control pulses N

$$\varphi = \alpha \cdot N,$$

and the average rotation speed is the switching frequency f_k :

$$\omega = \alpha \cdot f_k.$$

The switching frequency is an important parameter of a stepper electric drive, since it determines the time of control action processing. The permissible switching frequency (it is called the pick-up frequency) is limited by the electromagnetic inertia of the windings and the mechanical inertia of the rotor and the driven mechanism. The higher the inertia of the motor and the greater the static torque on the motor shaft, the lower the pick-up frequency.

Modern stepper motors vary in design. Motors can be single-phase, two-phase and multi-phase with an active and passive rotor.

The design of the active rotor usually contains permanent magnets and has a step value from $\pi/12$ to $\pi/2$. The switching frequency of such motors is limited to approximately 500 Hz.

For stepper motors with a small step value, a passive rotor is used, which does not contain windings and magnets. The stator of a reactive stepper motor has clearly defined poles on which teeth are cut (Fig. 2). An even number of teeth (but not divisible by 4) are cut uniformly around the circumference of the rotor. By selecting the number of rotor teeth, a shift in any position of the rotor teeth relative to the teeth of adjacent stator pole projections by $1/4$ of the tooth division is achieved [1].

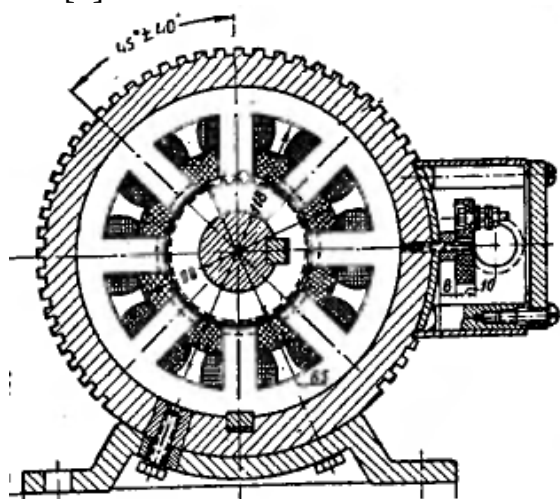


Fig. 2 Cross-section of a four-pole stepper motor with a passive rotor

Reference

1. Boldea I., Nasar S. A. Electric Drives. 3rd Edition. CRC Press. 2017. 672 p.

The operation of stepper motors with a passive reactive rotor is that when voltage is applied to any phase of the stator, the rotor tends to take a position so that the rotor teeth are opposite the teeth of the corresponding pole and the permeability of the magnetic circuit, through which the flux of a given phase is closed, is greatest.

When current is supplied to the next phase of the stator, the rotor will turn one step so that the rotor teeth coincide with the pole teeth of the next phase. The step size is equal to $\alpha = 2\pi \frac{z_p - z_c}{z_p z_c}$.

ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ТКАНИН ДЛЯ СПОРТИВНОГО ТА ПОВСЯКДЕННОГО ОДЯГУ НА ОСНОВІ СТРУКТУРИ ТА ВОЛОКНИСТОГО СКЛАДУ

Ріпка Г.А., к.т.н., доц., Сербулов М.О., здоб., Овчаренко А.С., здоб.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Гігієнічні властивості тканин є одним із ключових критеріїв при виборі матеріалів для виготовлення як спортивного, так і повсякденного одягу. Оскільки одяг безпосередньо контактує з тілом людини, особливо під час активної фізичної діяльності, він має забезпечувати необхідний комфорт, сприяти регуляції теплового та вологісного балансу, а також не перешкоджати природній терморегуляції організму. Саме тому структура тканини, тип переплетення, щільність, товщина та, передусім, волокнистий склад мають визначальний вплив на гігієнічні характеристики текстильного матеріалу.

Матеріали для спортивного одягу, зазвичай, повинні володіти високою повітропроникністю, добрим рівнем паропроникності, гігроскопічністю, а також швидким висиханням. Це дозволяє забезпечити комфортне мікросередовище на поверхні шкіри під час фізичних навантажень. Для цього часто використовують синтетичні волокна (поліестер, поліамід, еластан), які, завдяки спеціальній структурі або оздобленню, можуть швидко виводити вологу з поверхні тіла та забезпечувати ефективне випаровування поту.

Водночас для повсякденного одягу, що призначений для менш інтенсивного використання, велику роль відіграють натуральні волокна, зокрема бавовна, льон, бамбук. Вони характеризуються високою гігроскопічністю, гарною повітропроникністю та приємними тактильними властивостями, однак мають дещо нижчу здатність до швидкого висихання у порівнянні з синтетикою.

Структура тканини також відіграє важливу роль: більш рихле або трикотажне переплетення краще «дихає» і дозволяє повітрю та парі легше проходити крізь матеріал, ніж щільне, гладкоткане. Крім того, на гігієнічні властивості впливають і технології обробки: антибактеріальні, водовідштовхувальні, терморегулюючі покриття можуть покращити або, навпаки, погіршити комфорт при носінні.

Таким чином, для забезпечення гігієнічної відповідності матеріалів до призначення одягу необхідне всебічне оцінювання складу тканини, її структури, щільності, товщини, а також функціональних властивостей. Спортивний одяг більше орієнтований на функціональність і ефективне відведення вологи, тоді як повсякденний – на комфорт, приємність до тіла та екологічність. Вибір матеріалу має базуватися на балансі між функціональністю, гігієнічністю та естетичними вимогами.

Для досліджень було відібрано 15 зразків тканин бавовняного асортименту як відомих артикулів, так і нових тканин. Ці тканини відрізнялися волокнистим складом і поверхневою щільністю (таблиця 1).

Для даних зразків були визначені показники повітропроникності, паропроникності та гігроскопічності.

Аналізуючи результати визначення повітропроникності, можна зробити висновок, що вона залежить від волокнистого складу, будови, пористості тканини і від виду її обробки.

Найкращою повітропроникністю володіють зразки №1, 2, 3, 4, 5, 7, які виготовлені з чистохлопчатобумажних волокон полотняним і креповим переплетеннями з поверхневою щільністю 75-117 г/м². Невисокий коефіцієнт повітропроникності у зразків № 10, 11, які виготовлені з волокон бавовни вугільно-ворсовим переплетенням, але мають високу поверхневу щільність 300-350 г/м². Також невисоку повітропроникність мають зразки № 13, 14, 15, які виготовлені з волокон бавовни з додаванням ниток поліуретану по утку.

Паропроникність також залежить від волокнистого складу і поверхневої щільності.

Таблиця 1. Асортимент тканин, обраних для гігієнічної оцінки

Номер зразка	Поверхнева щільність, г/м ²	Назва тканини	Волокнистий склад
1	75	Батист	Основа -ВХ- 100% Уток- ВХ-100%
2	105	Ситець	Основа ~ВХ- 100% Уток- ВХ-100%
3	107	Ситець	Основа -ВХ-100% Уток - ВХ-100%
4	108	Ситець	Основа -ВХ-100% Уток-ВХ-100%
5	113	Тканина сукняна	Основа -ВХ-100% Уток-ВХ-100%
6	149	Сатин	Основа- ВХ-100% Уток-ВХ-100%
7	117	Тканина платня «Рая»	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-100%
8	92	Тканина сукняна «Лугова»	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-100%
9	188	Тканина сукняна «Раменка»	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-100%
10	303	Вельвет-рубчик	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-100%
11	350	Вельвет-рубчик	Основа -ВХ-100% Уток - ВХ-85% Елст-15%
12	95	Тканина сукняна	Основа -ВЛс- 100% Уток- ВХ-100%
13	130	Тканина сукняна зі стретч-ефектом	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-85% Елст- 15%
14	205	Тканина сукняна зі стретч-ефектом	Основа -ВХ-100% Уток- ВХ-85% Елст-15%
15	160	Тканина сукняна зі стретч-ефектом	Основа -ВХ-100% Уток - ВХ-85% Елст-15% 1

Слід зазначити, що зберігається залежність, зазначена при визначенні повітропроникності - коли з першого по шостий зразок знижується проникність тканин, а потім у сьомого спостерігається різке збільшення пропускну здатності. Далі аж до десятого і одинадцятого зразків паропроникність значно зменшується і, як і повітропроникність, найменша вона у цих зразків. Найбільша паропроникність відзначається у зразків №7, і значна у №1, №2, №3, №8 і №12. Графік зміни повітропроникності від виду зразка дещо відрізняється від аналогічного графіка паропроникності, що пояснюється різною гігроскопічністю тканин, за рахунок чого частина вологи не проходить через зразок, а вбирається ним. Гігроскопічність зразків знаходиться в прямій залежності від волокнистого складу тканин. Найкраще вологу вбирають легкі бавовняні тканини.

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки:

1. Повітропроникність текстильних матеріалів визначається розмірами та формою проміжків між нитками основи і утку, а також залежить від товщини тканини, щільності, ступеня крутіння ниток тощо. Чим більша пористість, тобто нижчий коефіцієнт заповнення, тим вищий рівень повітропроникності. У той же час зі збільшенням товщини матеріалу та підвищенням ворсистості поверхні повітропроникність знижується.

2. Проникнення водяної пари через тканину здійснюється двома основними способами: а) шляхом поглинання (сорбції) пари з одного боку матеріалу з подальшим її виведенням (десорбцією) з іншого; б) через мікропори, розташовані між нитками тканини. Таким чином, паропроникність визначається гігроскопічністю волокон, з яких складається тканина, та особливостями її структури.

3. Здатність тканини поглинати вологу, тобто її гігроскопічність, залежить від водопоглинальних властивостей волокон і ниток, що входять до її складу, від конструктивних характеристик самої тканини, а також від застосованих способів її обробки.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАФАРБОВУВАННЯ В GPU

Романюк О.Н., д.т.н, професор, Черняк О.І., к.т.н, доцент, Майданюк В.П. к.т.н, доцент,
Дембіцький О.О.

Вінницький національний технічний університет

Основною метою зафарбовування в GPU [1-4] є візуалізація тривимірних об'єктів на двовимірному екрані шляхом імітації фізичних властивостей світла, поверхонь та матеріалів. Процес починається після того, як полігони сцени були перетворені у фрагменти під час растеризації. Важливим компонентом зафарбовування є фрагментний шейдер — програма, яка виконується GPU паралельно для кожного фрагмента. Він отримує інтерпольовані дані від вершинного шейдера та виконує обчислення для визначення фінального кольору пікселя. Зафарбовування зазвичай включає моделі освітлення: дифузне відбиття Ламберта, спекулярне відбиття за моделлю Фонга або Бліна-Фонга, а в сучасних системах — фізично коректне відтворення світла за моделлю Physically Based Rendering.

Після обчислення кольору фрагмента виконується тест глибини, шаблону та, за потреби, альфа-композиція. Якщо фрагмент проходить ці перевірки, його колір записується у кадровий буфер. Реалізація цього процесу в GPU ґрунтується на SIMT-архітектурі, де багато потоків одночасно обробляють фрагменти, забезпечуючи високу продуктивність.

Реалізація зафарбовування у GPU також враховує складні ефекти, які покращують візуальну якість зображення, зокрема тіні, відображення, заломлення світла, глобальне освітлення та атмосферні ефекти. У традиційних підходах ці ефекти були реалізовані окремими проходами або пост обробкою. Сучасні графічні API, такі як Vulkan або DirectX 12, дозволяють ефективніше управляти графічним конвеєром і реалізовувати складні шейдери на низькому рівні.

Особливу роль відіграє використання багатьох типів карт: нормалей, глибини, блиску, металевості, шорсткості, які дозволяють деталізувати відображення світла на поверхні без необхідності збільшення геометричної складності.

Важливим аспектом є також згладжування, яке зменшує ефект "зламаних" країв на об'єктах. Це може бути реалізовано за допомогою MSAA (Multi-Sample Anti-Aliasing), FXAA (Fast Approximate Anti-Aliasing) або Temporal AA.

У випадках, коли необхідно забезпечити високу продуктивність, застосовуються оптимізації: відсікання невидимих фрагментів, стискання текстур, передобчислене освітлення, або використання рівнів деталізації. Все це спрямовано на зменшення навантаження на GPU без помітної втрати якості візуалізації.

Крім традиційного зафарбовування, активно розвивається шлях трасування променів у реальному часі (real-time ray tracing), який частково або повністю замінює класичний підхід. У цьому випадку зафарбовування базується на симуляції проходження світла через сцену і його взаємодії з об'єктами, що дозволяє досягати максимальної фотореалістичності, проте потребує спеціалізованих блоків, як RT Cores у NVIDIA RTX або аналогів у AMD.

Сучасна реалізація зафарбовування в GPU тісно пов'язана з архітектурою графічного процесора, яка спеціалізується на масово-паралельних обчисленнях. Кожен GPU складається з великої кількості поточкових мультипроцесорів, що містять тисячі ядер, здатних одночасно виконувати фрагментні шейдери. Коли сцена відображається на екрані, кожен піксель потенційно може бути оброблений окремим потоком, що забезпечує масштабовану продуктивність і реалістичне зображення з мінімальною затримкою.

Важливим компонентом є пайплайн обробки фреймів, який включає не лише геометричні етапи, а й постобробку. Після зафарбовування, GPU виконує такі операції, як тонове відображення, яке переводить високодинамічний діапазон кольорів у діапазон, який може бути відображений на дисплеї, а також корекцію кольору, розмиття, ефекти глибини різкості та інші візуальні покращення. Усі ці обчислення, хоча й є окремими від класичного

фрагментного зафарбовування, працюють з результатами роботи фрагментних шейдерів і є невід'ємною частиною рендерингу.

GPU також підтримують використання шейдерних мов високого рівня, таких як GLSL, HLSL, Metal Shading Language та SPIR-V для Vulkan. Ці мови дозволяють гнучко задавати логіку зафарбовування, включно з умовним відображенням, складними математичними моделями відбиття або розсіювання, динамічними анімаціями текстур та процедурними ефектами, такими як шум, вогонь, вода або світіння. Це дає змогу розробникам реалізовувати складні візуальні ефекти без зміни апаратної частини системи.

У сучасних графічних процесорах (GPU) реалізація зафарбовування базується не лише на програмному виконанні шейдерів, але й на цілому наборі апаратних вузлів, які фізично реалізовані в кремнієвій архітектурі мікросхеми. Ці вузли працюють у взаємозв'язку та оптимізовані для обробки величезної кількості фрагментів паралельно. Першим ключовим апаратним елементом є растеризатор — блок, який після обробки геометрії перетворює полігони на пікселі. Він визначає, які частини екрану покриває кожен трикутник, та інтерполює значення атрибутів, таких як текстурні координати, нормалі і координати глибини для кожного фрагмента. Другим важливим блоком є фрагментні шейдерні блоки, які реалізуються в обчислювальних ядрах потокових мультипроцесорів. Кожен такий блок виконує програму шейдера для фрагментів, що надходять з растеризатора. Це включає обчислення освітлення, накладання текстур, обробку прозорості, визначення кольору пікселя та інших ефектів. Щоб забезпечити швидкий доступ до текстур, GPU використовує окремі апаратні модулі, відомі як текстурні блоки або TMU (Texture Mapping Units). Вони реалізують фільтрацію текстур, вибірку значень з міп-рівнів, інтерполяцію кольорів і кешування, що значно прискорює процес текстурування.

Завершальним етапом у конвеєрі є обробка фрагментів за допомогою блоків Raster Operations Pipelines, які відповідають за перевірку глибини, шаблонів, змішування кольорів (та запис фінального результату в кадровий буфер. У межах цього етапу також застосовуються алгоритми згладжування країв, альфа-композиція і фінальне стиснення кольорових даних перед записом у пам'ять. Крім того, сучасні GPU часто включають додаткові вузли, такі як RT-ядра, які виконують апаратну трасування променів для обробки складних ефектів освітлення та відбиття. Хоча вони не є частиною класичного зафарбовування, вони працюють у зв'язці з фрагментними шейдерами та ROP, доповнюючи зображення високореалістичними деталями. Інші допоміжні вузли відповідають за стискання кадру, кешування, обробку тайлів і підтримку багатопрхідного рендерингу.

Подальший розвиток апаратних вузлів зафарбовування у GPU пов'язаний із зростаючими вимогами до реалістичності зображення та ефективності обробки великих обсягів даних у реальному часі. Одним з напрямів еволюції є інтеграція гібридних рендерингових підходів, які поєднують традиційне растеризаційне зафарбовування з апаратною трасуванням променів. Для цього в графічних процесорах, зокрема в архітектурах NVIDIA Turing, Ampere та Ada Lovelace, а також AMD RDNA 2 і RDNA 3, були впроваджені окремі RT-ядра, які виконують апаратне прискорення таких операцій, як побудова ієрархій об'ємів (BVH), перетин променя з геометрією та обчислення глобального освітлення. Водночас фрагментні шейдери залишаються відповідальними за локальні моделі освітлення, що дозволяє отримати комбінований результат з високою швидкістю та якістю.

Крім RT-ядер, нові графічні процесори також включають Tensor Cores або Matrix Units — блоки, спочатку створені для задач глибокого навчання, але які також використовуються для зафарбовування з адаптивними шейдерами. Наприклад, у технології DLSS (Deep Learning Super Sampling) від NVIDIA використовується штучний інтелект, щоб реконструювати зображення високої роздільності з низькороздільних фреймів, фактично

змінюючи структуру зафарбовування на постобробному етапі. Це дозволяє значно знизити навантаження на класичні фрагментні шейдери без втрати якості.

Ще одним важливим аспектом є розвиток тайлової архітектури рендерингу (tile-based rendering), що активно застосовується в мобільних GPU (наприклад, ARM Mali, Apple M-серії), де екран розбивається на невеликі блоки, які обробляються окремо з використанням локальної кешованої пам'яті. Це дозволяє зменшити кількість доступів до глобальної пам'яті, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити кращу продуктивність у системах з обмеженими ресурсами. Тайлова архітектура також дозволяє ефективніше реалізовувати операції зафарбовування в системах, де пропускна здатність між GPU і пам'яттю є критично важливою.

На рівні API і драйверів апаратні вузли зафарбовування дедалі більше підтримують низькорівневий контроль за рахунок нових графічних стандартів, таких як Vulkan, DirectX 12 і Metal. Це дає розробникам можливість точніше управляти пам'яттю, чергами обчислень, зміною станів рендерингу і шейдерними пайплайнами. У контексті зафарбовування це дозволяє, наприклад, передбачати поведінку ROP-блоків, уникати надмірної роботи фрагментних шейдерів і краще реалізовувати обробку прозорості та динамічного освітлення.

У підсумку, апаратна реалізація зафарбовування у GPU є не лише класичною послідовністю блоків для обробки фрагментів, а й динамічною, адаптивною системою, що включає шейдерні обчислення, прискорення трасування променів, машинне навчання та інтелектуальні алгоритми адаптації до сцени. Завдяки цьому сучасні GPU забезпечують обчислення складних візуальних ефектів у реальному часі — від кінематографічного освітлення до інтерактивної глобальної ілюмінації, адаптованої під конкретний фрейм або глядача.

Література

1. Романюк О. Н., Чехмestрук Р.Ю., Романюк О.В. Комп'ютерна графіка. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 147 с.
2. Akenine-Möller, T., Haines, E., Hoffman, N. Real-Time Rendering. CRC Press, 2021. – 1266 с.
3. Owens, J. D., Houston, M., Luebke, D., Green, S., Stone, J. E., Phillips, J. C. GPU Computing. Proceedings of the IEEE, vol. 96, no. 5, May 2008, pp. 879–899.
4. Мачуський, В. С., Павленко, А. О. Архітектура та програмування графічних процесорів. Київ: Наукова думка, 2020. – 296 с.

ШИФРУВАННЯ ТРИВИМІРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Романюк О.Н., д.т.н, професор, Майданюк В.П., к.т.н, доцент, Нечипорук М.Л.

Вінницький національний технічний університет

Шифрування тривимірних зображень [1-4] є важливою складовою інформаційної безпеки у сферах, де використовуються об'ємні дані, зокрема в медицині, інженерії, 3D-друці, віртуальній реальності та архітектурному проектуванні.

Тривимірні зображення можуть мати різну структуру — це можуть бути об'ємні дані (наприклад, у вигляді вокселів), сіткові моделі, точкові хмари або комбіновані дані з текстурами й кольорами. Основна мета шифрування полягає у тому, щоб забезпечити конфіденційність, цілісність і захист від несанкціонованого доступу до 3D-даних під час передачі через мережу або під час зберігання.

Для шифрування таких даних застосовуються як традиційні криптографічні методи (AES, RSA, ElGamal), так і спеціалізовані або гібридні алгоритми, орієнтовані на просторові характеристики тривимірних об'єктів. Наприклад, шифрування сіткової моделі може включати перестановку координат вершин або трикутників за допомогою хаотичних

послідовностей, які генеруються на основі ключів. Координати вершин, нормалі, а також інформація про текстури можуть шифруватися окремо, що дозволяє контролювати рівень захисту. Часто використовують також методи хаотичних карт (логістичні, Хенона, Росслера тощо), які мають властивість високої чутливості до початкових умов і ключів, що робить розшифрування без оригінального ключа практично неможливим.

Процес шифрування тривимірного зображення, наприклад STL-файлу, зазвичай складається з кількох етапів: спочатку зчитуються дані моделі (вершини, трикутники, нормалі), потім генерується криптографічний ключ, після чого координати шифруються за допомогою вибраного алгоритму (наприклад, AES у симетричному режимі або перестановки на основі хаотичних функцій). Далі шифрується супутня інформація — метадані, кольори, матеріали тощо. У результаті формується новий файл, який містить зашифровану геометрію й може бути переданий або збережений без ризику витоку інформації.

Однією з ключових проблем при шифруванні 3D-зображень є великий обсяг даних, що потребує оптимізованих алгоритмів, здатних працювати швидко і без суттєвих витрат ресурсів. Також важливо враховувати потребу в частковому доступі до моделі (наприклад, для попереднього перегляду без повної розшифровки) та збереженні сумісності з програмним забезпеченням для відображення моделей після розшифрування. Таким чином, шифрування тривимірних зображень — це міждисциплінарна задача, яка поєднує знання з комп'ютерної графіки, криптографії, алгоритмів обробки просторових даних та інженерного аналізу.

Розглянемо більш детально приклад шифрування 3D-моделі у форматі STL за допомогою симетричного алгоритму AES та перестановки координат вершин. STL (Stereolithography) — один із найпоширеніших форматів представлення тривимірних об'єктів, що складається з набору трикутників, кожен з яких описується трьома вершинами та вектором нормалі. Спочатку модель зчитується з файлу: координати кожної вершини та нормалі перетворюються на числові масиви.

Наступним етапом є генерація секретного ключа, наприклад, довжиною 128 або 256 бітів, який використовуватиметься для шифрування. Після цього координати вершин можуть бути або безпосередньо зашифровані за допомогою AES у блочному режимі (наприклад, ECB або CBC), або попередньо перетворені — наприклад, нормалізовані та упаковані у байтовий масив. У випадку використання AES, координати кожної вершини (X, Y, Z) представляються як три 32-бітні числа, які перетворюються на 96-бітовий блок, а потім шифруються.

Альтернативний підхід полягає у перестановці порядку трикутників або вершин відповідно до псевдовипадкової послідовності, згенерованої на основі секретного ключа або хаотичної функції. Наприклад, координати можна відсортувати за певним критерієм, після чого змінити порядок згідно з ключовим вектором перестановки. Така операція не змінює значення координат, але унеможливорює інтерпретацію геометрії без відповідного алгоритму зворотної перестановки.

Після шифрування або перестановки модель можна записати назад у STL-формат або у власний формат, що потребує розшифрування перед візуалізацією.

Крім геометричних координат, можна додатково шифрувати метадані, наприклад, назву об'єкта, коментарі у файлі, колірні властивості, текстури (у розширених форматах, як-от OBJ або PLY). У складніших системах застосовуються гібридні методи, які поєднують AES для шифрування геометрії та асиметричні алгоритми (наприклад, RSA) для шифрування ключа, що забезпечує можливість безпечної передачі зашифрованих моделей через мережу. Після розшифрування користувач, який має правильний ключ, отримує повноцінну 3D-модель для подальшого перегляду або редагування.

Глибокі нейронні мережі можуть бути використані для розробки шифрувальних алгоритмів, що враховують складну структуру тривимірних зображень. Ці мережі можуть навчатися розпізнавати особливості 3D-даних і застосовувати відповідні трансформації для шифрування координат вершин 3D-моделей, що робить їх незрозумілими для сторонніх осіб без наявності ключа. Крім того, ШІ може допомогти в захисті від атак на шифровані 3D-дані, таких як «brute-force» або «side-channel» атаки. Нейронні мережі можуть навчатися виявляти слабкі місця в традиційних шифрувальних методах і адаптувати алгоритми для уникнення таких загроз.

Таким чином, шифрування 3D-моделей не обмежується лише геометрією, а охоплює повний набір даних, що описують об'єкт. Це дозволяє забезпечити повноцінний захист авторських прав, комерційної інформації або конфіденційних даних, наприклад у медицині чи промисловому проектуванні.

Штучний інтелект (ШІ) також може бути використаний для шифрування точкових хмар, що є ще одним популярним способом представлення тривимірних об'єктів. ШІ здатний застосовувати складні моделі для шифрування точкових хмар, враховуючи їх геометричну структуру, що дозволяє забезпечити високий рівень захисту даних. Завдяки застосуванню ШІ для шифрування 3D-даних можна створювати більш гнучкі та адаптивні системи захисту, що здатні працювати з великими об'ємами та складними структурами. Однак цей підхід потребує подальших досліджень та розвитку для забезпечення надійного захисту в реальних умовах.

Література

1. Романюк О. Н., Чехмestрук Р.Ю., Романюк О.В. Комп'ютерна графіка. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 147 с.
2. Boneh, D., Shoup V. A Graduate Course in Applied Cryptography. 1st edition, 2020, 630 p.
3. Liu Y., Wang C. 3D Mesh Compression and Encryption: Algorithms and Applications Wiley, 2016, 245 p.
4. Дмитренко С. А. *Методи і алгоритми обробки зображень: Теорія і практика* Київ: Наукова думка, 2017, 400 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ОКСИДЕГІДРОХЛОРУВАННЯ ХЛОРОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

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

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Органічні сполуки, які містять у своїй структурі хімічно зв'язаний хлор, становлять одну з найнебезпечніших та найскладніших груп забруднювачів довкілля. Їх відзначає висока токсичність, надзвичайна хімічна стабільність та схильність до накопичення в живих організмах (біоаккумуляція). Саме ці властивості зумовлюють їхню належність до стійких органічних забруднювачів. Невідповідне поводження з хлорорганічними відходами може призвести до масового забруднення ґрунтів, водних джерел, атмосфери, а також створити серйозні ризики для здоров'я населення, зокрема, хронічних отруєнь, мутацій на генетичному рівні та виникнення онкологічних захворювань.

Однією з ключових проблем у сфері знешкодження та/або утилізації хлорорганічних сполук (ХОС) є їх стійкість до хімічної деструкції. Ефективна утилізація таких відходів вимагає застосування спеціалізованих технологічних процесів, що дозволяють уникнути або суттєво зменшити утворення шкідливих побічних продуктів. Серед найпоширеніших методів переробки хлорорганічних забруднювачів сьогодні застосовують:

- спалювання при температурах 1200–1600°C, із забезпеченням майже повного руйнування хімічних зв'язків у хлорорганічних молекулах, однак цей процес потребує

значних енергетичних ресурсів та систем фільтрації викидів, що підвищує його загальну вартість;

- плазмохімічну обробку з температурами понад 3000°C, що дозволяє ефективно руйнувати навіть найстійкіші хлорорганічні сполуки з мінімальним утворенням вторинних продуктів, проте цей метод залишається фінансово затратним як у впровадженні, так і в подальшому обслуговуванні;

- технології каталітичного гідрування (із заміщенням атомів хлору на атоми гідрогену) та каталітичного окислення з перетворенням на нетоксичні CO₂, H₂O, HCl або Cl₂;

- хімічну та біологічну деструкцію – альтернативні методи знешкодження, які хоч і менш затратні, однак мають низку недоліків: повільність процесу, обмежене застосування (особливо для складних за складом відходів) та утворення великої кількості вторинних забруднень [1].

Каталітичні методи є одними з найбільш перспективних способів знешкодження ХОС завдяки їх високій селективності, енергоефективності та потенціалу для переробки без утворення значної кількості вторинних забруднень. При їх використанні можливо досягти перетворення токсичних й стійких хлорорганічних сполук на нетоксичні або менш небезпечні продукти, зокрема, HCl, який може бути утилізований і повторно використаний у промисловості.

Каталізатори окиснення ХОС мають забезпечити повне окиснення, повинні мати стійкість до отруєння хлором, довговічність і відновлюваність. Найефективніші класи каталізаторів, застосовуваних для даних цілей - оксиди перехідних металів (MnO_x, CoO_x, CuO_x, FeO_x), які часто застосовуються у змішаних системах або на носіях (Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂); багатокомпонентні системи: V₂O₅-TiO₂ (ванадій на діоксиді титану) - добре відомий каталізатор, зокрема для селективного каталітичного відновлення, але також ефективний у глибокому окисненні; нанокаталізатори на основі благородних металів (Pt, Pd, Rh, Ru - мають високу активність, але дороговартісні і вразливі до хлору). Часто комбінуються з менш активними, але стійкими оксидами для створення стабільних систем.

Основними перевагами каталітичних методів переробки ХОС є:

- нижча температура процесу порівняно зі спалюванням;

- можливість рекуперації хлору у вигляді HCl;

- зниження утворення побічних забруднювачів (діоксинів, фуранів);

- підвищена енергоефективність та селективність.

Основною проблемою для впровадження каталітичних методів є високі вимоги до чистоти сировини (необхідність очищення газового потоку перед подачею на каталізатор), а також чутливість каталізаторів до отруєння, низька механічна стійкість, їх висока вартість [1, 2].

На глобальному рівні спостерігається тенденція до впровадження інтегрованих систем утилізації хлорорганічних сполук. Такі країни, як Німеччина, Японія, США і Швеція, активно впроваджують комбіновані підходи, поєднуючи термічну обробку, хімічне очищення та гідрування, що дозволяє досягати високої ефективності при зниженні екологічного впливу. Перспективним напрямом розвитку є впровадження «зелених» технологій, орієнтованих на використання відновлюваних джерел енергії, біотехнологій та зниження загального екологічного навантаження.

Техніко-економічні особливості реалізації процесу каталітичної утилізації ХОС у різних країнах [3, 4]:

Країна	Тип каталізаторів	Технології утилізації	Особливості реалізації
Німеччина	CuO, MnOx, V ₂ O ₅ /TiO ₂	САТОХ, скруберна рекуперація HCl	Промислові хімпарки з замкненими циклами
Японія	Pt/Al ₂ O ₃ , V-Co системи	Модульні установки, теплоутилізація	Високий рівень автоматизації та контролю
Швеція	Багатокомпонентні оксиди	Спалювання + каталітичне доочищення	Мінімальні викиди, повна інтеграція систем

У зазначених країнах каталітичне окислення хлорорганічних сполук — ключовий елемент замкнених екотехнологічних циклів у промисловості. Реалізація процесів супроводжується активним моніторингом викидів (діоксини, HCl), утилізацією тепла, повторним використанням побічних продуктів, як-от хлороводню.

Це дозволяє досягати високих стандартів екологічної безпеки без втрати ефективності утилізації.

Отже, процес оксидегідрохлорування – каталітичного окиснення ХОС з утилізацією зв'язаного хлору у вигляді HCl з можливістю подальшого використання в хімічних процесах – є перспективним напрямком переробки ХОС як компонентів хлорорганічних промислових відходів. Практична реалізація такої промислової організації цього процесу, за якої будуть мінімізовані або усунені недоліки традиційних каталітичних методів, є важливою науково-практичною задачею.

З огляду на масштаб проблеми, міжнародна спільнота має спрямовувати зусилля на створення технологічних рішень, які були б не лише ефективними, а й безпечними для довкілля, енергоощадними та доступними для впровадження у країнах з різним рівнем розвитку.

Література:

1. Курта С. Хімія і технологія хлорорганічних сполук. : монографія / С. Курта. – Івано-Франківськ : “Плай” ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. Василя Стефаника, 2009. – 264 с.

2. Catalytic destruction of PCDD/F in a fabric filter: experience at a municipal waste incinerator in Belgium / J. L. Bonte et al. Waste Management. 2002. Vol. 22, no. 4. P. 421–426. URL: [https://doi.org/10.1016/s0956-053x\(02\)00025-9](https://doi.org/10.1016/s0956-053x(02)00025-9)

3. Disposing of chemicals // REMONDIS Industrie Service. Sonderabfälle entsorgen // REMONDIS Industrie Service. URL: <https://www.remondis-industrie-service.de/en/services/managing-waste-chemicals/>

4. Catalytic oxidation of chlorinated volatile organic compounds over Mn-Ti composite oxides catalysts: Elucidating the influence of surface acidity / H. Liu et al. Applied Catalysis B: Environmental. 2021. Vol. 282. P. 119577. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2020.119577>

ЗНИЖЕННЯ АГРЕСИВНОСТІ ОБОРОТНИХ ВОД

Татарченко Г.О., д.т.н., професор, Білошицький М.В., к.т.н., доцент,

Білошицька Н.І., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, Україна

Зменшити корозійну агресивність оборотних вод, отже, і швидкість корозії нелегованих сталей допомагають різні інгібітори [1].

У роботі проведено оцінку впливу іонного складу на корозійну активність інгібованих оборотних вод промислових підприємств Донецько-Криворізького регіону.

Лабораторні гравіметричні випробування проводились на зразках сталі Ст.3 протягом 250 годин у досліджуваних пробах води при температурі 40°C з додаванням інгібітору «СВОД® - БИ». Контроль втрати маси зразків-свідків у досліджуваних середовищах здійснювали через 50, 100, 150, 200, 250 годин. Визначення основних фізико-хімічних показників води проводилося титриметричними, колориметричними та гравіметричними методами.

Таблиця 1. Іонний склад оборотних вод промислових підприємств

Показники	1	2	3	4	5	6	7
pH	7,4	7,4	7,5	6,9	7,8	6,4	6,8
хлориди, мг/л	635,7	74,6	950,0	390,5	17,8	80,0	260,0
жорсткість загальна, ммоль/л	15,7	8,4	9,0-10,5	3,5	1,5	6,8	9,1
жорсткість кальцієва, ммоль/л	8,8	3,6	-	2,4	1,2	3,4	6,4
лужність, мг-екв/л	0,6	4,1	10,5-12,5	2,4	1,3	2,5	1,1
фосфати, мг /л	2,2	0,5	-	1,3	3,7	0,7	19,1
сульфати, мг/л	1386,7	-	400-640	-	44,6	244,4	314,40
залізо, мг/л	0,9	2,5	-	2,69	10,76	0,6	0,40
солевміст, мг/л	2140,0	440,0	2000,0-2500,0	1770,0	150,0	480,0	1030,0

Зазначено, що вміст SO_4^{2-} найбільший у воді Підприємства 1 за високої кальцієвої жорсткості та низької лужності. У воді промислового Підприємства 3 значення жорсткості та лужності високі разом із підвищеним вмістом хлоридів та найбільшим солевмістом.

До особливостей води Підприємства 4 слід віднести високий вміст у воді хлоридів, тоді як вміст іонів Ca^{2+} суттєво нижче. Оборотної води Підприємства 5 мають низький солевміст, найбільш високе значення pH і містять велику кількість заліза. У промисловій воді Підприємства 7 наявність Cl^- , SO_4^{2-} приблизно однакове, але привертає увагу висока кальцієва жорсткість та високий вміст фосфатів.

При дослідженні зміни швидкості корозії зразків Ст.3 залежно від часу та концентрації "СВОД-БІ" з'ясувалося, що з часом ефективність інгібітору змінюється і в загальному випадку зафіксовано зниження ефективності інгібування. Так, через 50 годин експозиції зміна швидкості корозії Ст.3 у воді Підприємства 2 з достатньою точністю описується рівнянням 4-го порядку, а з часом крива зміни швидкості корозії набуває лінійного характеру, тобто суттєво уповільнюється. Це свідчить про те, що інгібітор має певний «час життя», тобто з часом відбувається його деградація. У реальному оборотному циклі буде потрібно його додавання в оборотну воду. Можливо, згодом інгібітор руйнується під впливом агресивних іонів хлору та сульфат-іонів, або зв'язується в комплекси та покривається шаром осаду, таким чином втрачаючи свою активність.

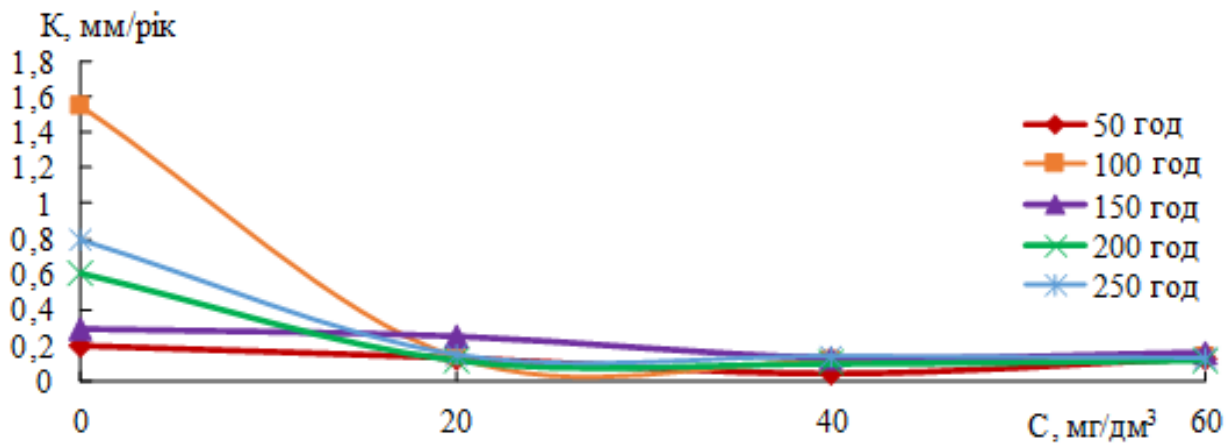


Рис. 1. Залежність швидкості корозії Ст.3 у оборотній воді підприємства 3 у присутності інгібітора

Кількість робочої концентрації інгібітору для оборотних вод визначається співвідношенням хлоридів, сульфатів, кальцію та лужності. Інгібітор має певний «час життя». З часом інгібітор руйнується та втрачає свою активність. Цей процес можна пов'язати з деградацією інгібітора під впливом агресивних іонів або утворенням комплексів із залізом. В результаті виконаної роботи зроблено такі висновки:

1. Кількість робочої концентрації інгібітору для оборотних вод визначається співвідношенням хлоридів, сульфатів, кальцію та лужності.
2. Інгібітор має певний час життя. З часом інгібітор руйнується та втрачає свою активність. Цей процес можна пов'язати з деградацією інгібітора під впливом агресивних іонів або утворенням комплексів із залізом.
3. Шляхом підбору різних концентрацій інгібітору корозії "СВОД-БІ" можна домогтися зниження значень швидкості корозії Ст.3 в оборотних водах досліджуваних підприємств у 2-20 разів порівняно з показниками швидкості корозії у не обробленій воді.

Література

1. Нестеренко С. В., Ткачев В. А., Смилка Е. П. Застосування інгібіторів для захисту теплообмінного обладнання систем оборотного водопостачання коксохімічних підприємств. [електронне видання]. <https://eprints.kname.edu.ua/38201/1/107-109.Pdf>

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШИФРУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Лужецький В.А. д.т.н., професор, Романюк О.Н., д.т.н., професор, Нечипорук М.Л.

Вінницький національний технічний університет

Апаратна реалізація графічного шифрування зображень передбачає використання спеціалізованих обчислювальних пристроїв, таких як FPGA, графічні процесори GPU або інтегральні мікросхеми (ASIC), для забезпечення швидкої та безпечної обробки графічних даних у реальному часі. На відміну від програмної реалізації, яка обмежена послідовною обробкою та споживанням процесорного часу, апаратні рішення дозволяють реалізувати паралельну обробку пікселів або блоків зображення. Основні етапи такої реалізації включають розбиття на блоки, генерацію ключів або хаотичних послідовностей, основну криптографічну операцію а також формування вихідного потоку для передачі або зберігання. У випадку блочних шифрів кожен блок пікселів розглядається як вхід до криптомодуля, реалізованого у вигляді послідовності логічних елементів (наприклад, S-box, ShiftRows, MixColumns), що працює у синхронному режимі з тактовим генератором. Для генерації ключів часто використовуються псевдовипадкові генератори або апаратні хаотичні функції, які реалізуються в цифровому вигляді із забезпеченням високої ентропії.

Переваги апаратного підходу полягають у забезпеченні високої швидкодії, здатності до роботи в реальному часі, можливості вбудовування в автономні системи та підвищеній безпеці, оскільки фізичний доступ до пристрою часто обмежує потенційні атаки.

Реалізація апаратного шифрування зображень базується на обраному криптографічному алгоритмі, який повинен бути оптимізований для обчислення в цифровій логіці. Найчастіше використовуються блочні шифри, такі як AES, або хаотичні системи, які мають властивості високої чутливості до початкових умов і тому добре підходять для захисту графічної інформації. Наприклад, реалізація AES на FPGA включає в себе модулі підстановки (S-box), які можуть зберігатися у пам'яті типу ROM або LUT, і виконуються як комбінаційні схеми. Операції зсуву рядків і перемішування стовпців реалізуються як перестановки на рівні регістрів, що значно пришвидшує обробку. Весь процес виконується послідовно в кілька раундів, що відповідає структурі алгоритму AES, але може бути розпаралелений для підвищення швидкодії.

У випадку хаотичних алгоритмів, таких як логістична карта або карта Генона, їх реалізація вимагає побудови фіксованої арифметики, яка здатна точно моделювати динамічну систему в цифровому середовищі. Наприклад, використання фіксованої коми дозволяє уникнути надмірного використання апаратних ресурсів, що характерно для плаваючої коми. Для створення псевдовипадкових послідовностей на базі хаотичних карт FPGA забезпечує точний контроль над внутрішнім станом і дозволяє генерувати незалежні ключові послідовності для кожного кадру або блоку.

Серед конкретних прикладів практичного використання апаратного шифрування — реалізація систем безпечного відеоспостереження, де камера з високою роздільною здатністю передає потік пікселів безпосередньо на FPGA, який виконує шифрування у реальному часі перед записом або передачею. Інший приклад — автономні безпілотні системи, де шифрування виконується для захисту візуальних даних під час польоту, без залежності від центрального процесора.

Обробка зображень часто передбачає високий потік даних. У системах з відео 1080p або 4K це означає потребу в обробці сотень мегапікселів за секунду. Апаратна реалізація шифрування дозволяє обробляти такі потоки без втрати кадрів або затримок, чого неможливо досягти на програмному рівні в режимі реального часу без потужного процесора. Завдяки можливості конвеєрної обробки (pipeline), FPGA може забезпечити постійний потік даних, де кожен тактовий цикл обробляє новий піксель або блок.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення фізичної безпеки. Апаратні модулі складніше атакувати через інтерфейси або програмні вразливості, оскільки вони не мають загального ПЗ чи ОС. Наприклад, реалізація шифрування в закритих FPGA-модулях із зашитими ключами може забезпечити високий рівень захисту навіть у разі фізичного доступу до пристрою. Крім того, сучасні ПЛІС підтримують захист конфігурації через JTAG або навіть самознищення ключів при виявленні вторгнення.

У контексті стандартів безпеки, апаратна реалізація шифрування графічних даних може бути сертифікована відповідно до міжнародних вимог, таких як FIPS 140-2/3 або ISO/IEC 19790. Це особливо важливо для галузей, що потребують відповідності регуляторним нормам: фінансовий сектор, медицина, оборона.

На завершення варто зазначити, що розробка апаратної реалізації вимагає знань не лише криптографії, а й цифрової схемотехніки, мов опису апаратури (наприклад, Verilog, VHDL), симуляції та трасування сигналів. Однак результати виправдовують зусилля, оскільки такі рішення забезпечують максимальну ефективність, захищеність та відповідність сучасним вимогам до обробки графічної інформації.

У промисловості широко використовуються спеціалізовані мікросхеми для апаратного шифрування зображень, що забезпечують високий рівень захисту візуальних

даних у режимі реального часу. Такі мікросхеми можуть бути реалізовані у вигляді криптографічних співпроцесорів, програмованих логічних інтегральних схем (FPGA), систем на кристалі (SoC) або апаратних модулів безпеки (HSM). Їх основною перевагою є здатність працювати з великим потоком графічних даних без затримок, з мінімальним енергоспоживанням та високою стійкістю до атак. Відомі виробники, такі як Xilinx, Intel, Microchip, Infineon, NXP та Texas Instruments, пропонують серії мікросхем, орієнтованих на ринок безпечної обробки зображень.

Одним із прикладів є FPGA-системи типу Xilinx Zynq UltraScale+ або Intel Arria 10, які поєднують в собі програмовану логіку та вбудовані процесори з апаратною підтримкою алгоритмів шифрування, таких як AES, SHA або ECC. Такі платформи дозволяють не лише реалізувати власні алгоритми шифрування зображень (включаючи хаотичні або блочні), а й інтегрувати їх із зовнішніми інтерфейсами, наприклад, камерами або дисплеями. У промислових системах контролю та моніторингу це дозволяє створювати безпечні канали передачі відеоінформації навіть у середовищах із високим ризиком втручання. Окрему категорію становлять чипи безпеки, такі як Microchip ATECC608A або NXP EdgeLock SE050, які можуть зберігати криптографічні ключі, виконувати автентифікацію пристроїв та працювати у тандемі з основними контролерами системи. Їх часто використовують у системах відеоспостереження, автоматизованих виробничих лініях, а також у медичних пристроях, де критично важливо захищати персональні дані пацієнтів.

Спеціалізовані відео процесори інтегрують відеокодеки разом із шифруванням потоку, дозволяючи реалізувати повністю апаратні рішення для відеозапису та трансляції. У сфері безпілотних технологій та оборони часто використовуються подібні рішення з повною апаратною реалізацією захищеного відео. GPU-платформи, наприклад NVIDIA Jetson, хоч і не є криптографічними мікросхемами у класичному розумінні, однак завдяки обчислювальній потужності і підтримці паралельної обробки даних можуть використовуватись для високошвидкісного шифрування зображень.

Література

1. Олійник, А. В. Засоби апаратної реалізації криптографічних алгоритмів Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. — 144 с.

FACTORS OF IMPACT OF RAILWAY TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON THE ENVIRONMENT

Svirikova A.Ye., Vlasenko K.H., Harmash B.K., PhD, associated professor
Ukrainian State University of Railway Transport

In contemporary conditions, the issues of interaction between railway transport and the environment are becoming particularly relevant. Environmental problems arise as a result of the interaction between nature and humans, during which the anthropogenic load on the territory exceeds its environmental capabilities, mainly due to its natural resource potential and the overall sustainability of natural landscapes [1].

Rail transport has a significant impact on ecosystems, which is manifested in air, water and soil pollution during the construction and operation of railways. [2] The negative impact of rail transport on the environment is caused by the emission of harmful substances from both rolling stock and numerous production and ancillary enterprises that serve the transportation process. This process results in significant pollution of the air, water and soil with heavy metals and their compounds, radionuclides, carbon dioxide, and dust of different chemical composition from the transportation of bulk cargo, as well as modification and disruption of natural landscapes, constant increase in the level of land contamination with oil and lead, degradation of phytocoenoses, withdrawal of agricultural land resources, disruption of hydrological conditions, creation of conditions for erosion, loss of soil fertility, littering of territories, discharge of polluted water, etc.

Railroad accidents are particularly dangerous. At the same time, there is a spread and accumulation of harmful substances in the adjacent fields and land, which is no less harmful to the environment and to the life and health of the population. Since heavy metals and their compounds have the ability to accumulate in crops, their consumption by humans endangers their livelihoods. Railroad transportation has a significant impact on the surrounding areas, which is caused by air, soil, and water pollution. Most of the negative problems that deteriorate the quality and properties of plantations along the railroad tracks are caused by human production activities. These include the transportation of hazardous goods (waste of various composition, species, etc.), the combustion of diesel and coal fuel, and the use of lubricants. Rail transport plays a key role in Ukraine's transportation system. "Ukrzaliznytsia is one of the largest employers and transport operators in the country, providing transportation of goods and passengers on thousands of kilometers of railroad tracks. However, the technical condition of the rolling stock and its impact on the environment are of growing concern to experts, environmentalists and the public.

Today, the majority of Ukrzaliznytsia's rolling stock is physically worn out and obsolete. More than half of the locomotives and passenger cars are operating beyond their service life. According to official data, the average age of passenger cars exceeds 30 years, and freight cars exceed 25 years, while the standard service life is about 28-30 years. Most locomotives, especially VL80, EPL, and CS electric locomotives, were manufactured in the Soviet era. Their energy consumption is inefficient and their operational reliability is decreasing every year. The situation is similar with diesel locomotives, most of which have significant wear and tear on their traction units and control systems. Insufficient funding for rolling stock renewal, a slowdown in modernization, the lack of an effective investment policy, and political instability have negatively affected the pace of rail infrastructure renewal. In recent years, only a small part of the rolling stock has been modernized, and this is not enough to ensure an adequate level of safety, comfort and environmental friendliness of transportation. Although rail transport is considered relatively environmentally friendly compared to road or air transport, it also has a number of negative environmental impacts, especially when operating outdated rolling stock and lacking modern environmental standards. Diesel locomotives are the main source of pollutant emissions on non-electrified railways. The combustion of diesel fuel releases nitrogen oxides (NO_x), carbon in the form of soot, carbon dioxide (CO₂), sulfur oxides (SO₂) and particulate matter into the atmosphere.

Due to the use of old engines without modern emission treatment systems, the concentration of harmful substances in the air near railway junctions often exceeds the permissible limits.

In total, more than 16 thousand stationary emission sources are registered in the production units of Ukrzaliznytsia, of which only 65% (more than 11,000 units) are equipped with gas cleaning units [3]. In general, the main substances emitted from stationary sources into the atmosphere are: carbon dioxide, suspended particulate matter, carbon monoxide. The operation of railway transport is accompanied by the generation of hazardous waste. Every year, more than 3.3 million tons of ore, 15 thousand tons of salts and 36 thousand tons of mineral fertilizers are released into the environment during the transportation and reloading of cargo from railcars. More than 17% of the deployed length of railway lines have a significant degree of contamination with dusty cargo.

In addition, passenger cars pollute railroad tracks with solid waste and wastewater [4]. According to the results of 2019, the railway transport of Ukrzaliznytsia [3] generated more than 110 thousand tons of waste, including: extremely hazardous waste (class I); highly hazardous waste (class II); moderately hazardous waste (class III); and solid household waste (class IV). Transportation of dangerous goods significantly increases environmental safety risks. Dangerous goods include substances, materials, products, waste from production and other activities, which, due to their inherent properties, in the presence of certain factors, may cause an explosion, fire, damage to technical means, devices, structures and other objects during transportation, cause material damage and damage to the environment, as well as lead to death, injury, poisoning of people and animals [5]. In addition to generating waste and air pollution, rail transport has a specific impact on the environment and biota (compared to other modes of transport). In particular, as a result of hazardous substances being released during their transportation by rail, including as a result of emergencies.

References

1. Закон України Про перевезення небезпечних вантажів від 6 квітня 2000 року № 1644-III. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>
2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, 2018. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p>
3. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Олександра Погорілого за 2019 рік веб-сайт. https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-ukrtransbezpeka.pdf
4. Klik B., Mazur Z., Krasnodębska A., Kowal P., Jachimowicz P., Jaskulska I., Gusiatin M., Liniauskiene A., Brtnicky M., Gawryszewska B., Radziemska M. Soil environmental monitoring of repurposed railway line operated for 75 years: Case study in Northeast Poland. *Desalination and Water Treatment*, 2025. Vol. 321. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100919>
5. Safadoust A., Khaleghi Sh., Kolahchi Z. Environmental risks of heavy metals in railway soils: Challenges to ecosystem management. *Science of The Total Environment*, 2025. Vol. 974. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179217>

ROBOTICS AND THE FUTURE OF WORK - THE EVOLUTION OF THE LABOR MARKET

Balyaba D.O., Tertyshnyk Yu. O., Hryhorieva Ye.S, PhD
Ukrainian State University of Railway Transport

It's no secret that robots are increasingly becoming part of our everyday lives. From manufacturing and logistics to healthcare, education, and retail, automated systems are slowly but surely taking over more and more functions that used to be performed by humans. This is not a fantasy future, but a rapidly evolving present. But what does this mean for the future of work?

What challenges and opportunities does society face in a world where robots are becoming full participants in the economic process [1]? Several key factors have spurred the massive adoption of robots in all areas of activity. First, it is technological progress, such as the reduction in the cost of components, software improvements, and the development of artificial intelligence (AI) and sensor technologies. Secondly, global economic challenges, including a shortage of skilled labor, rising labor costs, and the need to increase productivity [2]. And finally, the need to safely perform hazardous or harmful work, especially in the context of pandemics or natural disasters. Today, the highest concentration of robotic systems is observed in industrial production. Automated conveyors, robot pickers, welding machines, computer numerical control machines - all these technologies have become commonplace in the automotive, electronics, metalworking, and other industries. They help reduce costs, increase the accuracy and speed of production processes [3]. In logistics, robots are used to sort, pack, transport, and load goods [4]. Companies such as Amazon, Alibaba, and UPS are actively implementing automated warehousing systems, autonomous vehicles, and delivery drones, which helps to reduce order processing time and optimize supply chains. In the healthcare sector, robots perform both auxiliary and primary functions. For example, robotic surgeons allow for operations with extreme precision. Robot assistants help nurses in patient care, transportation of medical supplies, and disinfection of premises. Telemedicine is also developing rapidly, with robots and AI performing primary diagnostics, analyzing medical images, and maintaining electronic records [5]. Robots are increasingly appearing in retail, hospitality, and food services. For example, stores are installing robot consultants, cash registers with product recognition, and robot couriers for food delivery. Restaurants use robot chefs, waiters, and cleaners. In hotels, robots register guests, provide information services, or deliver things to rooms.

One of the main advantages of robotics is that it frees people from monotonous, physically demanding, dangerous, or uninteresting work. As a result, employees can focus on more creative, intellectual, and socially important tasks. For example, instead of performing the same type of operations at a factory, an employee can become an operator of a robotic system or develop new technological solutions.

Automation also helps to increase efficiency and productivity. Robots can work 24/7 without breaks, days off, or vacations, without getting tired, sick, or requiring a salary increase. This is especially relevant for industries where speed and production volumes are important. In addition, robots can provide a higher level of quality and accuracy. For example, in electronics or pharmaceuticals, where even a small error can be fatal, robots can minimize the risk of human error. However, the introduction of robotics also poses significant challenges. The most important one is the risk of mass unemployment, especially among unskilled or low-skilled workers. Automation can lead to the release of millions of jobs, which, in turn, will lead to increased social tension, income inequality, and poverty.

A report by the McKinsey Global Institute says that by 2030, up to 800 million people worldwide could lose their jobs due to automation [6]. The most vulnerable professions are those in manufacturing, transportation, service, and administrative support. To avoid negative consequences, a large-scale reorientation of workers to new professions is needed. This means the

need for systemic education reform, the introduction of retraining programs, and the creation of conditions for lifelong learning.

Adapting educational programs to the needs of the future is also important: developing critical thinking skills, creativity, interdisciplinarity, digital literacy, and social interaction. The professions of the future will require not only technical expertise but also flexibility of thinking, the ability to work in a team, solve complex problems, and generate innovations. Another important aspect is the need to humanize robotics. Robots should not only technically perform tasks but also interact with people on an emotional and ethical level. For example, robots in medicine, education, or elderly care should be capable of empathy, adaptation to individual needs, and consideration of moral norms and cultural context. This poses a challenge to developers to create “ethical” robots capable of making decisions based on the principles of justice, security, and respect for privacy. Legal regulation of the use of robots is also needed, including issues of liability, security, copyright, and personal data protection. In the long run, robotization could become a catalyst for global economic growth. According to PwC, AI and automation could add about \$15 trillion to global GDP by 2030 [4]. This opens up new opportunities for creating innovative business models, transforming traditional industries, and improving the quality of life. At the same time, economic power will be redistributed: countries that can quickly adapt to the new technological reality will gain competitive advantages. This creates additional challenges for developing countries, which risk being left on the sidelines of global change due to low levels of digitalization, lack of investment, and weak infrastructure. The future of work will not be exclusively robotic or entirely human - rather, we will have a hybrid model where humans and robots work together. This opens up new opportunities for the so-called “human-centered” approach, where robotization supports and enhances human labor rather than replaces it. New professions will emerge related to the maintenance, programming, management, and training of robots. For example: robotic system operators, ethical engineers, human-machine interaction designers, data analysts, AI technical auditors, etc.

References:

1. Klaus H., Blessing E. The Impact of Robotics on Society and Civilization. Robotics Engineering, 2024. https://www.researchgate.net/publication/377978408_The_Impact_of_Robotics_on_Society_and_Civilization
2. Robots, Growth, and Inequality: website. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2016/09/berg.htm>
3. What automation really means for jobs and productivity: website. <https://www.oxfordeconomics.com/resource/how-robots-change-the-world/>
4. Xianhao Xu , Yuerong Chen , Bipan Zou , Yeming Gong . Assignment of parcels to loading stations in robotic sorting systems. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102808>
5. Haleem A., Javaid M., Singh R. P., Suman R. Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. PubMed, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117>
6. Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages: website. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>

**THE ROLE OF HEAVY METALS IN BIOLOGICAL ORGANISMS AND THEIR
NEGATIVE IMPACT IN CASE OF MAN-MADE POLLUTION**

Hryhoriev Yu.V., Masalitina H.I., Katkovnikova L.A., PhD, associated professor
Ukrainian State University of Railway Transport

Heavy metals play a dual role in living organisms. In low concentrations, they are components of biologically active substances that regulate the normal course of vital processes. The increase in harmless concentrations of heavy metals as a result of man-made pollution leads to negative and even catastrophic consequences for living beings. In nature, heavy metals occur as minerals, salts, oxides, and sulfides [1]. In small quantities, some of them are vital for the functioning of organisms, as they are part of enzymes, coenzymes and other biologically active substances. However, the modern era of intensive industrialization is accompanied by a significant increase in the concentration of heavy metals in the environment. This leads to their excessive content in living organisms, which disrupts metabolic processes and causes toxic effects. Thus, heavy metals play a dual role in living systems: on the one hand, they are necessary in microdoses, and on the other hand, they can become dangerous toxicants when thresholds are exceeded. The heavy metals that perform vital functions in organisms include iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), molybdenum (Mo), cobalt (Co), and selenium (Se).

They are involved in the regulation of numerous physiological processes. Iron is a component of hemoglobin and myoglobin, and ensures oxygen transport in tissues. Zinc is an integral part of more than 300 enzymes necessary for the synthesis of proteins, DNA and RNA. Copper is involved in the processes of respiration, collagen synthesis, pigmentation and protection against free radicals. Manganese is essential for the metabolism of amino acids, cholesterol and carbohydrates. Cobalt is an essential component of vitamin B12, which is important for hematopoiesis. Molybdenum activates enzymes responsible for the metabolism of sulfur, nitrogen, and purines [2]. Selenium is a component of glutathione peroxidase, an enzyme of antioxidant cell protection. These elements enter the body in trace amounts with food, water, and air. The body has special mechanisms to regulate their absorption, distribution, accumulation and excretion, which ensures homeostasis. However, the balance is easily disturbed in conditions of excessive intake of metals from the polluted environment.

A significant increase in the concentration of heavy metals in the environment is due to human activity. The main sources of man-made pollution include: metallurgical industry (mining and processing of ores, smelting, casting); emissions from thermal power plants and coal combustion; production of batteries, paints, electronics, fertilizers and pesticides; motor vehicles, including lead from fuel (in countries where leaded gasoline is still used); improper waste management, burial of industrial and household waste; and irrigation of agricultural land with contaminated water. As a result, heavy metals get into the air, soil, surface and groundwater, where they accumulate and eventually enter the food chain. Excessive heavy metals in cells and tissues cause damage to cellular structures, disruption of enzyme systems, changes in membrane potential, inhibition of energy metabolism, and stimulation of oxidative stress. Cadmium (Cd) blocks enzymes containing sulfhydryl groups, disrupting calcium metabolism and causing osteoporosis. Mercury (Hg) binds to proteins in the central nervous system, causing neurological disorders. Lead (Pb) causes anemia, kidney and brain disorders, especially in children. Arsenic (As) is carcinogenic in chronic doses. Nickel (Ni) can cause allergic reactions and respiratory system disorders. Many heavy metals have a long half-life and the ability to accumulate, making them particularly dangerous even at low chronic doses.

The highest risk of heavy metal intake in the human body is associated with the consumption of contaminated food (vegetables, fruits, fish, meat), drinking water, and inhalation of dust and aerosols. Long-term exposure to toxic metals leads to the development of chronic diseases: renal failure, cancer, cardiovascular diseases, neurodegenerative processes, decreased immunity, and

reproductive disorders. Children, pregnant women, the elderly, and people with chronic diseases are particularly sensitive to the effects of heavy metals. The results of food safety monitoring in recent years have shown that from 0.80 to 3.82 % of food samples in Ukraine exceeded the hygienic standards for lead content; 0.60 to 4.68 % for mercury content; 1.09 to 1.75 % for cadmium content [1]. Up to 10% of food samples contain salts of heavy metals, and half of them in doses exceeding the maximum permissible concentrations (MPC). Due to the danger of exposure to the human body, the content of such metals as lead, cadmium, mercury, copper, zinc, tin, and arsenic in plant materials is standardized [2,3].

Nitrates are part of mineral fertilizers and are also a natural component of plant-based foods. Nitrates enter plants from the soil. The concentration of nitrates in food depends mainly on the uncontrolled use of nitrogen fertilizers. The main source of nitrates in raw materials and food, in addition to nitrogen-containing compounds, is nitrate food additives, which are introduced into meat products to improve their nutritional characteristics and inhibit microorganisms [4]. In Ukraine, almost a sixth of agricultural fruit and vegetable products contain nitrates in doses that exceed the maximum permissible level. First of all, excessive nitrate content in food contributes to the development of cancer and allergic diseases [5].

Technological processing of agricultural products is of great importance for reducing nitrates. For example, washing dill, lettuce, parsley and other green crops reduces the amount of nitrates by 20%, and after a two-hour soak in water by 30-60% [6]. Boiling potatoes, beets, and carrots until they are ready (after peeling and washing) can significantly reduce the concentration of these substances. Intensive environmental pollution is largely a result of unsustainable agricultural production. Each year, 193 thousand tons of Fluorine, 1.6 thousand tons of Zinc, 620 thousand tons of Copper and 622 tons of Potassium are applied to agricultural land with mineral fertilizers. Toxic substances contained in mineral fertilizers, chemical ameliorants and pesticides penetrate human bodies, causing diseases. Every year, 500 thousand to 2 million cases of pesticide poisoning are registered worldwide, most of which occur in rural areas.

References:

1. Держпродспоживслужба України: вебсайт. <https://dpss.gov.ua/>
2. Деякі питання здійснення планових заходів державного контролю Державною службою з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів, постанова КМУ від 31 жовтня 2018 р. № 896. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896-2018-%D0%BF#Text>
3. Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>
4. Пестициди : веб-сайт. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/791>
5. Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів, наказ МОЗ № 548 від 19.07.2012 . <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12#Text>
6. Dechorgnat J., Nguyen Ch. T., Armengaud P., Jossier M., Diatloff E., Filleur S., Daniel-Vedele F. From the soil to the seeds: the long journey of nitrate in plants. *Journal of Experimental Botany*, 2011. Vol. 62, Is. 4. P. 1349–1359. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq409>

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДРОБАРКИ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТУ – СТИСЛИЙ ОГЛЯД

Харченко О.В., аспірант кафедри КІСУ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Розглянуто актуальність автоматизації дробильних установок у цементному виробництві з урахуванням вимог до енергоефективності, надійності та стабільної якості продукції. Здійснено огляд сучасних технологій комп'ютерно-інтегрованих систем управління, що застосовуються для контролю та оптимізації роботи дробарки. Визначено основні компоненти автоматизованої системи, включаючи сенсорні модулі, приводи, програмовані логічні контролери (PLC), SCADA-системи та засоби візуалізації. Проаналізовано перспективи застосування штучного інтелекту та машинного навчання в автоматизації дробильних процесів.

У сучасному цементному виробництві дробарки відіграють ключову роль у підготовці сировини для подальшого помелу та випалення. Висока зносостійкість, динамічні навантаження та потреба в точному контролі параметрів роблять ці установки одними з найскладніших з погляду автоматизації. У зв'язку з цим впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем керування стає важливою умовою підвищення ефективності виробництва.

Огляд технологічного процесу дроблення у цементному виробництві

Дроблення — це перша стадія підготовки сировини, за якої великі шматки вапняку, глини та інших компонентів зменшуються до фракцій, зручних для подальшої обробки. Основні типи дробарок, що використовуються:

- Щоківі дробарки
- Конусні дробарки
- Валкові дробарки
- Молоткові дробарки

Кожна з них має власні вимоги до умов експлуатації та параметрів автоматизації.

Архітектура комп'ютерно-інтегрованої системи автоматизації

Комп'ютерно-інтегрована система автоматизації дробарки включає такі основні елементи:

- Вимірювальні пристрої

- Вібраційні та температурні датчики
- Сенсори тиску та навантаження
- Лазерні вимірювачі рівня матеріалу

Програмовані логічні контролери (PLC)

Використовуються для:

- Збору даних з датчиків
- Реалізації алгоритмів керування
- Взаємодії з виконавчими механізмами

- SCADA-системи

Забезпечують:

- Моніторинг у реальному часі
- Історичний аналіз
- Інтерфейс оператора (HMI)
- Засоби візуалізації та аналітики
- Побудова графіків навантаження, продуктивності
- Система сигналізації при аварійних ситуаціях



Рисунок 1. – Приклад КІСУ, що розглядається

Інтелектуальні підходи до автоматизації
Інтеграція технологій штучного інтелекту дозволяє значно покращити ефективність системи:

Прогнозна аналітика

• Моделі машинного навчання дозволяють передбачати вихід з ладу підшипників, зносу молотків або перевантаження двигуна.

Адаптивне управління

• Алгоритми, які самостійно налаштовують параметри подачі сировини, обертового моменту в залежності від вхідної фракції.

Застосування цифрових двійників

• Віртуальне моделювання роботи дробарки з можливістю тестування сценаріїв без втручання в реальний процес.

Переваги впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем

• Підвищення продуктивності: автоматичне регулювання дозволяє уникнути

простоїв і перевантажень.

- Якість продукції: стабільний розмір частинок забезпечує кращу якість клінкеру.
- Зниження енергоспоживання: завдяки оптимізації навантаження на електродвигуни.
- Безпека персоналу: дистанційне управління та сигналізація небезпечних ситуацій.

Висновки

Комп'ютерно-інтегровані системи автоматизації є ключовим елементом у модернізації дробильних установок цементного виробництва. Їх впровадження дозволяє не лише досягти високої ефективності та стабільності процесу, а й створює умови для впровадження новітніх технологій — від цифрових двійників до елементів штучного інтелекту. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на створення самонавчальних систем керування, що здатні адаптуватися до змін у сировинній базі та виробничих умовах.

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ІГРОВОГО ЗАСТОСУНКУ НА РУШІІ UNITY

Щербак І. В., здобувач вищої освіти

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Ігрова індустрія займає значне місце у світовій економіці. Кількість гравців у світі вже перевищує 3 мільярди осіб. В умовах високої конкуренції важливим критерієм успішності кожного ігрового проєкту є не лише його якість, а й здатність до подальшої підтримки та адаптації відповідно до актуальних потреб користувачів. Для того, щоб створити ігровий продукт необхідно виконати організацію процесу розробки, зацікавити гравця та забезпечити якість застосунку.

Створення сучасного ігрового продукту поєднує в собі багато різних галузей знань: програмування, дизайн, психологію, математику та інші. Також виробництво гри – це систематизований процес, який має багато етапів, від ідеї до публікації. Тому метою даної

роботи є реалізація прототипу ігрового застосунку з використанням актуальної методології розробки та дотриманням принципів програмування.

Прототип гри – це спрощена, але функціональна версія гри, яка дозволяє розробникам перевірити основні ідеї та механіки гри на ранніх стадіях. Створення прототипу є ключовим елементом у різних методологіях розробки ігор, оскільки дозволяє перевірити життєздатність основних механік та концепцій ще до повномасштабної реалізації. Для створення прототипу ігрового застосунку було використано рушій Unity та мову програмування C#. У роботі були розглянуті основні функції рушія і його застосування в системах проекту. У процесі роботи було досліджено ключові компоненти рушія, зокрема: фізичну модель, систему керування об'єктами, візуалізацію інтерфейсу користувача та базову архітектуру компонентів.

Забезпечення структурованості та можливості підтримки її архітектури є головною задачею у побудуванні застосунку. Для цього були використані алгоритми та архітектурні шаблони проектування, що збільшило модульність компонентів системи, зробило можливим перевикористання коду та спростило його тестування. Для розв'язання різних проблем прототипі ігрового проекту були реалізовані необхідні системи:

- Локатор сервісів: система, що структурує системи застосунку, систематизуючи їх взаємодію за допомогою реєстрації кожної системи та наданні доступу до них;
- Шина подій: статичний об'єкт, що дозволяє централізовано обробляти події;
- Система керування персонажем: обробляє ввід гравця та на основі фізичної взаємодії рухає об'єкт персонажа;
- Поведінкова система штучного інтелекту: побудована на основі шаблону State Machine, що спрощує реалізацію складної логіки об'єктів, розділяючи її на різні стани та переходами між ними;
- Система навігації: використовує пошук найкоротшого шляху у графі для забезпечення навігації штучного інтелекту ворогів з метою пошуку гравця;
- Система ройової поведінки: алгоритм, що дозволяє ворогам координовано пересуватися та уникати зіткнень;
- Бойова система: обробляє взаємодію між ворогами та персонажем у тривимірному просторі, використовуючи фізичну модель ігрового рушія;
- Пул об'єктів: збільшує продуктивність застосунку за допомогою повторного використання вже створених об'єктів, що зберігаються в оперативній пам'яті пристрою;

Таким чином, у межах роботи було реалізовано прототип ігрового застосунку з використанням сучасних підходів до проектування та програмування. Розроблений прототип може бути використаним як практичний приклад для вивчення принципів побудови архітектури ігрових застосунків. Також реалізовані в роботі технічні рішення можуть бути використані у суміжних галузях.

Література

1. Newzoo. "Explore the Global Games Market in 2023" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://newzoo.com/resources/blog/explore-the-global-games-market-in-2023>.

СТАТИСТИКА СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬРоманюк О.Н.¹, Присяжнюк В.В.¹, Тітова Н.В.², д.т.н., проф.,Романюк С.О.², к.т.н., ст. викладач¹ *Вінницький національний технічний університет*² *Національний університет «Одеська політехніка»*

Серцево-судинні захворювання [1-4] залишаються провідною причиною смертності як в Україні, так і в усьому світі. В Україні щороку від серцево-судинних захворювань помирає понад 400 тисяч осіб, що становить близько 60% усіх смертей. Особливо тривожним є той факт, що приблизно 30% передчасних смертей серед чоловіків працездатного віку спричинені саме такими захворюваннями. До найпоширеніших кардіологічних патологій в Україні належать ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарда, інсульт та артеріальна гіпертензія. Основними факторами ризику залишаються гіпертонія, надмірна маса тіла, тютюнопаління та низька фізична активність. Зокрема, серед чоловіків за останні роки значно зросла кількість осіб з низькою фізичною активністю – з 19,7% до 38,6%. Важливим впливовим фактором стала війна: зросла частота інфарктів та інсультів серед молоді, а 40% небойових втрат серед військових пов'язані з гострими серцево-судинними станами. У глобальному вимірі серцево-судинні захворювання спричинили приблизно 19,91 мільйона смертей у 2021 році, що становить близько 27% усіх смертей у світі. У регіоні ВООЗ Європи вони є причиною понад 42,5% усіх смертей, тобто близько 10 тисяч щодня. Найпоширенішими факторами ризику у світі є високий артеріальний тиск, надмірне споживання солі, куріння, незбалансоване харчування та малорухливий спосіб життя. При цьому країни з низьким і середнім рівнем доходу несуть особливо важкий тягар цих захворювань через обмежений доступ до якісної медичної допомоги та профілактики. Щоб зменшити поширеність серцево-судинних захворювань, важливо дотримуватись здорового способу життя, регулярно здійснювати фізичну активність, харчуватись збалансовано, уникати шкідливих звичок, контролювати артеріальний тиск та проходити медичні огляди. Крім того, підвищення обізнаності населення про серцево-судинні ризики та профілактичні заходи є важливою умовою ефективної боротьби з цією проблемою. Ситуація з серцево-судинними захворюваннями може бути покращена лише за умов комплексного підходу, що включає як індивідуальні зусилля кожної людини, так і державні програми у сфері охорони здоров'я.

У Вінницькій області серцево-судинні захворювання (ССЗ) залишаються однією з провідних причин смертності та захворюваності населення. Згідно з даними, наданими в дослідженні, опублікованому у 2023 році у «Віснику Вінницького національного медичного університету», у 2019 році частка смертей від ССЗ у структурі загальної смертності в області перевищувала 70%, що є одним із найвищих показників в Україні.

У 2023 році спостерігалось зростання кількості хворих на ішемічну хворобу серця на 3,7% порівняно з попереднім періодом.

Вінницька область також займає провідні позиції в Україні за кількістю проведених стентувань. Зокрема, 75,2% планових і 53,9% ургентних коронарографій були проведені саме для жителів області.

Ці дані свідчать про високу поширеність ССЗ у регіоні та необхідність подальшого розвитку профілактичних заходів, ранньої діагностики та доступності високотехнологічної медичної допомоги для населення Вінницької області.

В таблиці наведено дані про Смертність від ССЗ за 2020 рік

Область	Смертність від ССЗ (на 100 000 населення)
Чернігівська	1 200
Черкаська	1 150
Полтавська	1 130
Київська	1 120
Житомирська	1 110
Вінницька	1 100
Сумська	1 090
Кіровоградська	1 080
Дніпропетровська	1 070
Хмельницька	1 060
Запорізька	1 050
Харківська	1 040
Миколаївська	1 030
Луганська	1 020
Донецька	1 010
Одеська	1 000
Херсонська	990
Чернівецька	980
Тернопільська	970
Івано-Франківська	960
Львівська	950
Закарпатська	940
Волинська	930
Рівненська	920
м. Київ	910

Варто звернути увагу на зростаючу роль профілактичної медицини та зміну підходів до діагностики й лікування. У сучасній кардіології важливе місце займає концепція індивідуалізованої медицини, що передбачає персоналізований підбір медикаментозної терапії на основі генетичних, метаболічних та психологічних особливостей пацієнта. Технології штучного інтелекту починають активно застосовуватись у прогнозуванні ризику інфарктів та інсультів, аналізі електрокардіограм, магнітно-резонансної томографії та інших інструментальних досліджень. Велике значення має розвиток телемедицини, особливо в умовах обмеженого доступу до кардіологів у сільських районах або під час воєнного стану. Це дозволяє забезпечити дистанційний моніторинг стану серцево-судинної системи, швидко реагувати на відхилення та зменшити частоту госпіталізацій.

Серед найбільш перспективних методів лікування варто відзначити мініінвазивні хірургічні втручання, зокрема стентування та імплантацію штучних клапанів через катетер. Значні успіхи досягнуто в розробці нових класів препаратів — антагоністів PCSK9 для зниження рівня холестерину, інгібіторів SGLT2 для пацієнтів з серцевою недостатністю та

діабетом, а також засобів, що впливають на запальні механізми розвитку атеросклерозу. Особливу увагу приділяють реабілітаційним програмам, які включають фізичні навантаження, психологічну підтримку, дієтотерапію та відмову від шкідливих звичок. Комплексне ведення пацієнтів дозволяє значно зменшити ризик повторних серцево-судинних подій та покращити якість життя.

Незважаючи на наявність ефективних методів профілактики й лікування, подолання епідемії ССЗ вимагає державної стратегії, що охоплює освіту населення, формування здорового середовища, забезпечення доступності якісної медичної допомоги та боротьбу з соціально-економічними чинниками ризику. Успішні приклади інших країн демонструють, що системна робота на рівні національних програм дозволяє значно знизити смертність від серцево-судинних захворювань. Тому майбутнє боротьби з ССЗ в Україні залежить від інтеграції медичних технологій, ефективного менеджменту охорони здоров'я та активної участі самих громадян у збереженні власного серцевого здоров'я.

Література

1. Коваленко В.М. Серцево-судинні захворювання: сучасні підходи до діагностики та лікування. Київ: Здоров'я, 2020. — 328 с.
2. American Heart Association. Heart Disease and Stroke Statistics – 2024 Update: A Report From the American Heart Association. Dallas, TX: АНА, 2024. — 498 p. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001209
3. Timmis A., Townsend N., Gale C.P. et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2022 European Heart Journal, Oxford University Press, 2022. — 95 p. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac575
4. Пахомов В.М., Паньків В.І. Серцева недостатність у клінічній практиці Вінниця: Нова книга, 2021. — 256 с.

ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТУ ЧИКТОНІК ПРИ ВИРОЩУВАННІ БРОЙЛЕРІВ

Шпота Н. О., викладач технологічних дисциплін вищої категорії, методист, Рогозян О. В.

викладач технологічних дисциплін вищої категорії, методист, Домніч Є. С. студентка спеціальності 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Інтенсифікація птахівництва вимагає впровадження ефективних засобів, що сприяють покращенню обміну речовин, підвищенню імунітету та зниженню стресу у бройлерів. Одним із таких засобів є багатокomпонентний вітамінно-амінокислотний препарат Чиктонік. У даному дослідженні розглянуто вплив Чиктоніка на продуктивність, конверсію корму, збереженість поголів'я та загальний стан бройлерів у процесі вирощування.

Мета дослідження: Оцінити ефективність застосування препарату Чиктонік у годівлі бройлерів з метою підвищення продуктивності та збереженості.

Методика дослідження. Для проведення дослідження було сформовано дві групи бройлерів породи "Кобб-500" по 50 голів кожна: контрольна та дослідна. Протягом 42 днів вирощування обидві групи отримували однаковий повнораціонний комбікорм. Дослідній групі додатково з 7 по 14 день та з 28 по 35 день включно вводили у воду препарат Чиктонік у дозі 1 мл/л.

У процесі дослідження фіксували такі показники:

1. Середньодобовий приріст маси тіла;
2. Конверсія корму;
3. Збереженість поголів'я;
4. Поведінка та загальний клінічний стан.

Результати дослідження. У дослідній групі середньодобовий приріст становив 62,5 г, що на 6,8% більше, ніж у контрольній (58,5 г). Конверсія корму в дослідній групі склала 1,58 кг/кг приросту, тоді як у контрольній — 1,68 кг/кг. Збереженість поголів'я в дослідній групі становила 98%, тоді як у контрольній — 94%. Птиця, яка отримувала Чиктонік, мала кращий апетит, була активнішою, з гладким пір'ям і добре розвиненою грудною мускулатурою, дані наведені в таблиці.

Таблиця.

Показник	Контрольна група	Дослідна група
Середньодобовий приріст, г	58,5	62,5
Конверсія корму, кг/кг приросту	1,68	1,58
Збереженість, %	94	98
Загальний стан птиці	Задовільний	Відмінний

Висновки. Використання Чиктоніка в годівлі бройлерів позитивно впливає на їхній ріст, збереженість та конверсію корму. Препарат сприяє зменшенню впливу стрес-факторів, покращує засвоєння поживних речовин і підвищує загальну життєздатність птиці. Рекомендується до застосування у промисловому птахівництві як безпечний і ефективний засіб підтримки обміну речовин та продуктивності.

Література

1. Ветеринарна практика птахівництва / Під ред. С.П. Бістрова. — К.: Урожай, 2019.
2. Чиктонік у птахівництві: інструкція її застосування. — Офіційний сайт Провет, 2023. [<https://provet.ua/>]
3. Tufarelli V., Laudadio V. (2017). Use of vitamin and amino acid supplements in broiler production: benefits and risks. *Poultry Science*, 96(7), 2135–2142.
4. Kralik, Z., et al. (2021). Effects of dietary vitamin complex supplementation on broiler chicken growth and health. *Animals*, 11(2), 344.

ВІТАМІНИ ГРУПИ D ТА ЇХ БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОРГАНІЗМУ ТВАРИН

Лазоренко С.О., викладач вищої категорії, методист,

Мацнева А.О., викладач вищої категорії

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Вітаміни – це група органічних сполук простої будови та різноманітної хімічної природи. Вони об'єднані за ознакою незаперечної необхідності для організму у вигляді складової частини їжі. Вітаміни сприяють підвищенню опірності організму до різних інфекцій та хвороб, нормальному функціонуванню органів та систем тварини в цілому, і як найшвидшому одужанню при захворюваннях, тому їх нестача викликає порушення діяльності всього організму [1].

Вітаміни мають здатність підвищувати функціональний стан організму тварин, поліпшувати адаптаційні можливості. Недостача вітамінів приводять до розладу обміну речовин і спричиняє своєрідні захворювання, які називаються авітамінозами.

Мета роботи. Проаналізувати біологічне значення вітаміну D для організму тварин, їх вплив на функціонування органів та систем, а також розробити рекомендації щодо застосування вітамінів групи D для підтримки здорового стану тварини та профілактики виникнення різних захворювань інфекційного та незаразного походження.

Методи дослідження. Аналіз і систематизація наукових джерел про вплив вітаміну D на стан здоров'я тварин, провести дослідження для визначення впливу вітаміну на метаболічні процеси в тваринному організмі.

Результати дослідження. Кожен з вітамінів різних груп відіграє в тваринному організмі свою роль. Основна функція вітамінів групи D – це регуляція фосфорокальцієвого обміну, яка сприяє використанню організмом кальцію і фосфору для побудови кісткової тканини. Під впливом вітаміну D понижується виведення кальцію з калом та підвищується його всмоктування кишечником. При малій кількості кальцію в раціоні абсорбція його підвищується [2].

При нестачі вітаміну D у молодих тварин розвиваються рахіт, загальна слабкість, а у дорослих - остеомалія. Поряд з рахітом спостерігається відставання в рості, атонія м'язів, тетанічні судоми (в тих випадках, коли зменшується кількість кальцію в крові). У корів, свиноматок та овець при недостатності вітаміну D в раціоні розвивається яловість, післяпологові ускладнення. У птиці спостерігається рахіт, грудна кістка викривлюється, кістяк становиться крихким; шкаралупа яєць м'яка, інкубація таких яєць не можлива. Ранніми ознаками рахіту є порушення апетиту, розлади травлення, сповільнення росту. При тривалій вітамінній недостатності настають виражені зміни кісток потовщення на ребрах, викривлення хребта і кінцівок, у молодих тварин збільшуються суглоби. Тварини багато лежать, неохоче встають [5].

Висновки. Вітаміни необхідні для підтримання здоров'я тварин та являються незамінними для нормального функціонування організму.

Користь вітамінів групи D безсумнівна, ці речовини приймають участь в життєво важливих процесах. Їх призначають для профілактики і лікування рахіту (у телят, поросят, птиці), остеомалії (у дорослих продуктивних корів), при опіках шкіри, при розладах функції щитоподібної залози (при тетанії), кісткових захворюваннях, викликаних порушенням кальцієвого обміну, захворюванням шкіри, шлунково-кишкового тракту, гострих та хронічних гепатитах, артритях, для лікування ран, органічних ураженнях серця.

Дія вітаміну D збільшується при одночасному введенні препаратів фосфору та кальцію. Одночасно з вітаміном D рекомендується давати рибачий жир, та вітаміни групи B, C.

Для лікування та профілактики у тварин D-гіповітамінозів, аліментарної і вторинної остеодистрофії, післяродової гіпокальцемії та гіпофосфатемії, перед- та післяродового

залежування, аліментарної дистрофії, затримання посліду, субінволюції матки, ендометриту, переломів кісток, дисплазії суглобів, при хворобах, які супроводжуються порушенням адсорбції та обміну вітамінів А і D, кальцію і фосфору (гастроентерит, гепатодистрофія, гепатит, кетоз, гломерулонефрит, гіпотиреоз, гіпаратиреоз, паракератоз, синдром Кушинга, недостатність марганцю, фтору, надлишок фтору та стронцію) призначають кальциферол (вітамін D)[3].

Джерелом вітаміну D є ергокальциферол – вітамін D₂, який отримують у результаті опромінення ультрафіолетовими променями ергостерину, вилученого із пекарських дріжджів. Холекальциферол (D₃). Біологічна активність вітамінів D₂ і D₃ неоднакова стосовно тварин різних видів. Найбільш широке застосування має вітамін D₃, який активний в організмі усіх видів тварин і птиці. Тому до рецепту преміксів для курей-несучок, курчат-бройлерів вводять вітамін D₃, а для свиней і великої рогатої худоби – вітамін D₂.

Забезпечення достатнього використання вітамінів через збалансований раціон харчування для тварин є ключовим для підтримки оптимального здоров'я та запобігання захворювань. Дослідження в цій області важливе для подальшого розуміння біологічного значення вітамінів і розробки ефективних стратегій збереження здоров'я тваринам.[4]

Література

1. Закони України. Про ветеринарну медицину. Про відповідальність підприємств, установ та організацій за порушення законодавства про ветеринарну медицину : (за станом на 25 січ. 2000 р.) Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2000. 44 с.
2. Загребельний В.О., Межеринський А.О. Журнал «Ветеринарна медицина України». № 6. 2011 р. «Науково-методичний центр лабораторної діагностики». 325 с.
3. Достоевський П. П. Годівля молочних телят. Здоров'я тварин і ліки. 2009. №5. С. 10.
4. Нікіфорова О.В. «Загальна фармакологія з основами ветеринарної рецептури» - Методичні вказівки до лабораторних та практичних занять для студентів І-ІІІ курсу.
5. Гальчинська О.К. «Фармакологія»: навчальний посібник; Київ :Аграрна освіта, 2013р. 525с.

ВРАХУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ ВЕТЕРАНІВ В УПРАВЛІННІ ЛЮДСЬКИМИ РЕСУРСАМИ

Дегтяров Д.А., Мінакова В.О.

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Актуальність працевлаштування ветеранів у контексті сучасного управління людськими ресурсами визначається необхідністю ефективної реінтеграції цієї цінної категорії фахівців у їхні команди. Успіх цього процесу значною мірою залежить від розуміння та врахування специфічних соціально-психологічних чинників, пов'язаних з досвідом військової служби, адаптацією до цивільного середовища та особливостями сприйняття ветеранів як потенційних співробітників. Ігнорування цих чинників може призводити до труднощів у залученні та утриманні ветеранів, зниження їхньої продуктивності та ускладнення командної взаємодії. Тому, метою даного дослідження є аналіз ролі соціально-психологічних чинників у процесі працевлаштування ветеранів та визначення шляхів їхнього врахування в системі управління людськими ресурсами для сприяння їхній успішній адаптації. Основними завданнями дослідження є: виявлення ключових соціально-психологічних бар'єрів та ресурсів ветеранів у контексті працевлаштування; дослідження особливостей ставлення та уявлень фахівців з управління персоналом щодо працевлаштування ветеранів; розробка практичних рекомендацій для удосконалення процесів управління людськими ресурсами з урахуванням соціально-психологічних потреб ветеранів.

На базі Центру психічного здоров'я та реабілітації ветеранів було проведено опитування 20 ветеранів, які проходили курс реабілітації. Опитувальник містив як закриті питання з варіантами відповідей, так і відкрите поле "Інше" для отримання більш розгорнутих якісних даних. Питання були спрямовані на збір інформації щодо:

1. досвіду пошуку роботи після повернення до цивільного життя (наявність труднощів).
2. визначення основних перешкод, що ускладнювали або ускладнюють працевлаштування (варіанти відповідей включали нерозуміння військового досвіду, проблеми зі здоров'ям, брак цивільних навичок, дискримінацію).
3. визначення найбільш затребуваних видів підтримки у процесі працевлаштування (варіанти включали консультації, перекваліфікацію, інформацію про вакансії, психологічну підтримку).
4. оцінки рівня отриманої підтримки з боку держави та громадських організацій.
5. самооцінки рівня впевненості у власних перспективах працевлаштування за п'ятибальною шкалою.

Результати проведеного опитування виявили низку важливих тенденцій у досвіді працевлаштування ветеранів. Кількісний аналіз показав, що переважна більшість респондентів (85%) стикалися з труднощами різного ступеня під час пошуку роботи, причому значні труднощі відчували 40% опитаних. Серед основних перешкод ветерани найчастіше називали нерозуміння їхнього військового досвіду роботодавцями (60%), проблеми зі здоров'ям (45%) та брак необхідних цивільних навичок (30%). Дискримінацію як ветеранів відчували 15% респондентів. Найбільш затребуваними видами підтримки виявились консультації з кар'єрним радником (75%), допомога у перекваліфікації (55%) та інформування про вакансії для ветеранів (65%). Більшість опитаних (60%) не відчували достатньої підтримки з боку держави та громадських організацій у питаннях працевлаштування. Оцінюючи власну впевненість у перспективах працевлаштування, 45% ветеранів продемонстрували низький рівень впевненості (оцінки 1 та 2).

Отримані дані свідчать про наявність значних психологічних та практичних бар'єрів на шляху працевлаштування ветеранів та підкреслюють необхідність комплексних заходів для їхньої підтримки.

Для глибшого розуміння поглядів роботодавців на працевлаштування ветеранів було проведено напівструктуровані інтерв'ю з 2 фахівцями з підбору персоналу. Гайд інтерв'ю включав питання щодо їхнього досвіду найму ветеранів, їхніх уявлень про переваги та потенційні складності працевлаштування цієї категорії осіб, а також рекомендацій щодо покращення цього процесу.

Аналіз інтерв'ю з фахівцями з підбору персоналу виявив неоднозначне ставлення до працевлаштування ветеранів. Один експерт відзначив такі потенційні переваги, як високий рівень відповідальності, дисциплінованість та здатність швидко навчатися, які часто притаманні ветеранам завдяки їхньому військовому досвіду. Водночас, інший експерт висловив певні побоювання щодо можливих труднощів з адаптацією до корпоративної культури цивільних організацій та потенційних психологічних наслідків військової служби, які можуть впливати на продуктивність та комунікацію в колективі.

Обидва фахівці наголосили на важливості індивідуального підходу до оцінки кожного кандидата-ветерана, враховуючи його конкретний досвід, навички та особистісні якості. Була відзначена необхідність чіткого розуміння роботодавцями специфіки військових спеціальностей та їхньої потенційної релевантності до цивільних посад. Експерти також підкреслили важливість надання ветеранам підтримки на етапі адаптації, включаючи менторство та програми ознайомлення з корпоративною культурою.

Один з HR-фахівців запропонував розробити спеціалізовані програми навчання для рекрутерів та менеджерів з найму, спрямовані на підвищення їхньої обізнаності щодо особливостей працевлаштування ветеранів та уникнення стереотипів. Інший експерт наголосив на потенційній цінності створення у компаніях ветеранських спільнот або програм підтримки, які б сприяли соціальній адаптації та обміну досвідом серед ветеранів-працівників. Загалом, інтерв'ю з фахівцями з підбору персоналу підтвердили необхідність більш усвідомленого та адаптованого підходу до працевлаштування ветеранів, що враховує як їхні потенційні переваги, так і можливі виклики.

Порівняння даних, отриманих від ветеранів та HR-фахівців, вказує на певні розбіжності у сприйнятті існуючих проблем та необхідних заходів підтримки. Ветерани гостро відчують нерозуміння їхнього досвіду та потребують конкретної допомоги у перекваліфікації та кар'єрному консультуванні, тоді як HR-фахівці наголошують на важливості індивідуального підходу та адаптаційних програм.

Проведене дослідження підтвердило значущу роль соціально-психологічних чинників у процесі працевлаштування ветеранів. Основними бар'єрами є нерозуміння їхнього військового досвіду роботодавцями, проблеми зі здоров'ям, брак цивільних навичок та недостатня підтримка. Водночас, висока мотивація та дисциплінованість ветеранів є важливими потенційними ресурсами для компанії. В таких умовах постають завдання: підвищити обізнаність персоналу про специфіку ветеранського досвіду, адаптувати процеси найму для врахування їхніх навичок, запровадити програми менторства та підтримки для полегшення адаптації, створити інклюзивне робоче середовище та налагоджувати співпрацю з ветеранськими організаціями для ефективного залучення та інтеграції ветеранів. Перспективи подальших досліджень у напрямку удосконалення управління персоналом в контексті працевлаштування ветеранів вбачаються у розробці та оцінці ефективності практичних інструментів і програм, спрямованих на підвищення обізнаності роботодавців щодо специфіки ветеранського досвіду, адаптації процесів найму та інтеграції ветеранів у корпоративну культуру, а також у вивченні впливу різних моделей підтримки на їхню професійну адаптацію та кар'єрне зростання.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ МЕНЕДЖЕРІВ СЕРЕДНЬОЇ ЛАНКИ

Мінакова В. О., Пономар А. М.

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Стрімка цифрова трансформація вимагає від менеджерів середньої ланки нових підходів до управління. Штучний інтелект (ШІ) є ключовим інструментом оптимізації робочих процесів, прийняття рішень та підвищення ефективності. Метою дослідження є аналіз перспектив впровадження ШІ для якісних змін у роботі менеджерів середньої ланки. Основними завданнями є виявлення сфер застосування ШІ, оцінка переваг та визначення можливостей оптимізації. Застосовано комплексний підхід: аналіз літератури, опитування 10 менеджерів та інтерв'ю з 2 експертами для виявлення досвіду, очікувань, переваг та викликів інтеграції ШІ.

Проведене нами дослідження безпосередньо спирається на науковий доробок вітчизняних науковців. Робота Ковтуненка Ю. В., присвячена проблемам та перевагам використання ШІ в управлінні підприємствами, закладає підґрунтя для розуміння загального контексту впровадження ШІ [1]. Робота Черненко Н. І. щодо застосування ШІ в управлінні персоналом, зокрема в процесах планування, оцінки та контролю допомагає окреслити потенційні сфери застосування ШІ для підвищення ефективності цих управлінських функцій [2]. Опитування менеджерів вітчизняних підприємств, проведене Машлій Г. Б. та співавторами, щодо готовності до впровадження ШІ та розроблені ними пропозиції є важливим контекстом для нашого дослідження [3]. Їхня робота підтверджує актуальність вивчення практичного застосування ШІ в українських компаніях та необхідність розуміння поглядів самих управлінців на цей процес, що відображено у нашому опитуванні менеджерів середньої ланки.

Згідно з проведеним опитуванням, значна більшість респондентів (60%) зазначили, що їхні компанії вже використовують технології штучного інтелекту у своїй діяльності, тоді як 40% респондентів повідомили про відсутність такого досвіду.

Серед тих менеджерів, чиї компанії вже впроваджують ШІ, найбільш відчутний позитивний вплив спостерігається у сферах аналізу даних для прийняття рішень (80%), автоматизації звітності та документообігу (70%), а також оптимізації планування та розподілу завдань (60%). Менша частка респондентів відзначила вплив ШІ на управління комунікаціями (30%) та прогнозування ризиків (20%). Десять відсотків респондентів вказали на автоматизацію рутинних запитів як сферу позитивного впливу.

Оцінюючи потенційні переваги впровадження ШІ, більшість менеджерів очікують оптимізації робочого часу (9 респондентів) та зниження кількості рутинних завдань (8 респондентів). Значна кількість респондентів також вбачає переваги у покращенні якості прийняття рішень та можливості зосередитися на стратегічних завданнях (по 7 респондентів). Зменшення ймовірності помилок було відзначено 6 респондентами, а покращення комунікації – лише 2 респондентами.

Щодо потенційних викликів та складностей впровадження ШІ, більшість опитаних менеджерів вказали на необхідність навчання та адаптації (7 респондентів). Значна частина респондентів також відзначила високу вартість впровадження (5) та питання безпеки та конфіденційності даних (4). Менша кількість респондентів вбачає ризик втрати контролю над процесами (2) та опір з боку співробітників (1). Один респондент зазначив складність інтеграції з існуючими системами.

Оцінюючи свій рівень оптимізму щодо перспектив використання ШІ у професійній діяльності, більшість менеджерів (50%) обрали оцінку "4" за п'ятибальною шкалою, що свідчить про досить позитивне ставлення. 20% респондентів виявили максимальний рівень

оптимізму (оцінка "5"), тоді як 20% зайняли нейтральну позицію (оцінка "3"). Лише 10% респондентів продемонстрували відносно низький рівень оптимізму (оцінка "2"), і жоден з опитаних не був зовсім не оптимістичним.

Два опитаних експерти підтвердили значний потенціал штучного інтелекту для автоматизації широкого спектру рутинних операцій, які традиційно виконуються менеджерами середньої ланки. Вони наголосили, що це дозволить управлінцям зосередитися на розвитку своїх лідерських якостей, стратегічному плануванні та впровадженні інновацій, що є ключовими факторами для забезпечення довгострокового успіху компанії. Експерти також відзначили важливість ретельного аналізу бізнес-процесів перед впровадженням ШІ для визначення найбільш доцільних сфер його застосування та мінімізації потенційних ризиків.

Отримані результати мають практичну цінність, оскільки визначають конкретні сфери ефективного впровадження штучного інтелекту в управлінську діяльність менеджерів середньої ланки, такі як аналіз даних, автоматизація рутинних процесів та оптимізація планування. Ці знання можуть бути використані керівниками підприємств для розробки та реалізації стратегій цифрової трансформації, спрямованих на підвищення ефективності управління, оптимізацію бізнес-процесів та вивільнення часу менеджерів для виконання стратегічно важливих завдань, що в кінцевому підсумку сприятиме підвищенню конкурентоздатності компаній.

Проведене дослідження підтвердило значний потенціал використання штучного інтелекту для якісних змін у роботі менеджерів середньої ланки. Результати опитування та інтерв'ю з експертами свідчать про перспективність впровадження ШІ для оптимізації рутинних завдань, покращення аналізу даних та підтримки прийняття обґрунтованих управлінських рішень, що сприяє підвищенню загальної ефективності їхньої діяльності. Більшість опитаних менеджерів висловили оптимізм щодо майбутнього застосування ШІ у своїй роботі та очікують значних переваг від його впровадження. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на більш глибокий аналіз впливу ШІ на конкретні управлінські функції та розробку практичних рекомендацій щодо успішної інтеграції технологій штучного інтелекту в практику управління на рівні середньої ланки.

Література

1. Ковтуненко Ю. В. Застосування штучного інтелекту у системі управління підприємством: проблеми та переваги / Ю. В. Ковтуненко // Економічний журнал Одеського політехнічного університету. – 2019. – № 2 (8). – С. 93-99.
2. Черненко Н. Штучний інтелект в управлінні персоналом / Н. Черненко // Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. – 2022. – № 12. – С. 76-83.
3. Машлій Г. Б. Дослідження управлінських аспектів використання штучного інтелекту / Г. Машлій, О. Мосій, М. Пельчер // Галицький економічний вісник. – 2019. – № 2. – С. 80–89.

ВІДБУДОВА ЖИТЛА НА ПОСТКОНФЛІКТНИХ ТЕРИТОРІЯХ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ДЛЯ УКРАЇНИ

Ковальчук Є.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Будівництво з кожним роком зазнає все більших трансформацій. Збільшення вимог клієнтів та жорстка конкуренція змушують будівельні підприємства шукати новітні підходи, щоби вирізнитись з-поміж конкурентів, вибудовуючи нові стратегії та методи ведення бізнесу. Однак, в умовах воєн та конфліктів різного масштабу чи природних катастроф всі їхні зусилля спрямовуються на відбудову зруйнованого житла, яке є базовим правом людини та має важливе значення для добробуту та розвитку. «Житло виступає соціальним центром для сім'ї та друзів, джерелом гордості та культурної ідентичності, а також ресурсом як політичного, так і економічного значення» [1, с. 1]. А його руйнування чи втрата через вимушене переміщення є одним із найболючіших наслідків війни.

За попередніми даними за три роки повномасштабної російської агресії щонайменше 3,5 мільйона осіб втратили житло в Україні [2], а руйнація житлового фонду складає не менше 236 тисяч будівель вартістю \$60 млрд.[3, с. 7]. Гостра житлова криза, пов'язана з нестачею житла в Україні, потребує найшвидшого та раціонального вирішення. Тому метою даного дослідження є узагальнення міжнародного досвіду відбудови житла після воєн, конфліктів та стихійних лих у ХХІ сторіччі з метою оновлення житлової політики України в контексті сталої відбудови.

Дослідження міжнародного досвіду відновлення житла на постраждалих територіях слід розпочати з Керівних принципів надання допомоги від ООН [4]. Поважні експерти стверджують, що однією з найважливіших складових програми відновлення житла після стихійного лиха є система фінансування. Прямі грошові гранти ефективні лише в короткостроковій перспективі і можуть створити утриманські відносини між постраждалими та групами, що надають допомогу. Для людей і громад більш вигідним є участь у фінансуванні власних програм забезпечення житлом. Пропонується три методи фінансування: відвертий подарунок (житло отримується на основі виконання певних умов та без потреби погашати вартість житла), частковий внесок через самопомогу (можна отримати будівельні матеріали та/або технічні консультації, та/або частковий грант; будівництво здійснюється спільно або з допомогою місцевих будівельників) та кредити.

Після закінчення Боснійської війни, коли було зруйновано 37% житлового фонду Боснії та Герцеговини (459 тис. будинків), для забезпечення переміщених осіб та біженців житлом влада запровадила реституцію (поновлення порушених майнових прав), надання кредитів за спеціальними програмами та альтернативних варіантів житла для переселенців. Для тих, хто не хотів повертатися до довоєнних осель, було дозволено продаж або обмін власності та отримання певної компенсації [5]. В результаті за кошти ПРООН було реконструйовано 270 тис. будинків, ЄС – 60 тисяч, а за регіональною житловою програмою – 27 тис. будинків.

За дослідженнями Sultan Barakat країни у ХХІ сторіччі використовували п'ять різних підходів до відновлення житла (хоча елементи кількох підходів могли поєднуватися в межах одного заходу): надання перехідного та тимчасового житла (Індія, Хорватія, Туреччина), ремонт пошкодженого житла (Конго, Косово), будівництво нового житла та населених пунктів (Індія, Монтсерраті, Хорватія, Азербайджан), підхід "будівельного двору", за якого громади здійснюють відбудову, а зовнішні організації надають матеріали та навички, які є доступними та недорогими (Шрі-Ланка, Ємен), підхід "фінансового сприяння", згідно з яким громади здійснюють відбудову за фінансової допомоги зовнішніх організацій [1, с. 15-29].

Проект Плану відновлення України в частині «Будівництво, містобудування, модернізація міст та регіонів України» [6, с. 7] ставить мету у забезпеченні житлом ВПО та

осіб, в яких було пошкоджене житло. Основні шляхи – відновлення або надання компенсації у разі недоцільності відновлення. До кінця 2022 року передбачено забезпечити тимчасовим прихистком усіх, хто його потребує (переобладнання шкіл, садочків, культурних та адміністративних будівель, модульні містечка) та відновлення 10% пошкодженого житлового фонду, до кінця 2025 року – відновлення або компенсація 50%, а до кінця 2032 року – 100%. На сьогодні на 34000 об'єктів, з внесених до реєстру пошкодженого і знищеного майна, почалися відновлювальні роботи. За 11800 об'єктів такі роботи вже завершили. За таких темпів для відбудови житла знадобиться не менше 5,5 років, але через сповільнення темпів нового будівництва та відсутність фінансування, терміни вже набагато збільшилися.

Україна активно застосовує механізми самопомоги й «будівельних дворів», що активізують місцеву економіку та зміцнюють соціальний капітал (відновлення перших деокупованих територій – Буча, Ірпінь, Київ, Чернігів). Запроваджено альтернативні фінансово-кредитні програми Є-Оселя та Є-Відновлення, які дозволяють отримувати нове та вторинне житло чи ремонтувати власне. Є підстави для використання успішних практик реституції, гнучких моделей фінансування та широкої участі громад у відбудові. Однак, до цього важливо запровадити чітку диференціацію між тимчасовим і сталим житлом для ВПО, системне стратегічне планування, прив'язане до регіональних потреб на рівні житлової політики, податкові стимули для залучення приватних міжнародних інвестицій.

Отже, застосування міжнародного досвіду дозволить оновити житлову політику через поєднання локальних ініціатив та перевірених міжнародних рішень, що забезпечить сталу, інклюзивну та швидку відбудову. З подальшими дослідженнями такого досвіду у сфері забезпечення альтернативних джерел фінансування будівництва житла та пов'язані подальші дослідження автора.

Література

1. Barakat S. Housing Reconstruction after Conflict and Disaster. Overseas Development Institute. Humanitarian Practice Network at ODI. URL: <https://alnap.org/documents/7654/barakat-housing-reconstruction-after-conflict-and-disaster.pdf> (дата звернення 30.04.25)

2. Скільки українців втратили житло з початку війни: в Офісі омбудсмена назвали кількість. URL: <https://www.unian.ua/society/vtrachene-zhitlo-v-ofisi-ombudsmena-nazvali-kilkist-osib-bez-domu-12867537.html> (дата звернення 05.05.25)

3. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на листопад 2024 року. Київська школа економіки. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf (дата звернення 05.05.25).

4. Shelter After Disaster: Guidelines for Assistance (Geneva: UNDRO, 1982).

5. Відновлення житла після воєн: досвід яких країн важливий для України. URL: <https://iaa.org.ua/articles/reconstruction-of-housing-after-wars-experience-of-which-countries-is-important-for-ukraine/>

6. План Відновлення України. Матеріали робочої групи «Будівництво, містобудування, модернізація міст та регіонів України». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/construction-urban-planning-modernization-of-cities-and-regions.pdf>. (дата звернення 30.04.25).

7. Рибальська Н. Як Україна відповідає на житлову кризу? Розбираємось із програмами та ініціативами. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2025/02/10/yak-ukrayina-vidpovidaye-na-zhytlovu-kryzu-rozbyrayemos-z-programamy-ta-inicziatyvamy/> (дата звернення 30.04.25).

ТЕОРЕТИЧНА СКЛАДОВА ОЦІНКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Гриценко Н.В., к.е.н., доцент, Козодой Д.С., к.т.н., доцент
Український державний університет залізничного транспорту

Важливим елементом функціонування підприємства є охорона праці. В даний час ця категорія представляє багатогранне поняття, що включає різні аспекти, тому розгляд методів підвищення ефективності охорони праці є актуальним.

Підвищення соціально-економічної ефективності охорони праці є найважливішою складовою всього виробничого процесу організації. Поліпшення умов праці є приводом для залучення зусиль керівництва та працівників, є психологічним пріоритетом оптимізації роботи у сфері забезпечення безпеки виробництва.

Основною метою методів підвищення соціально-економічної ефективності охорони праці є оптимізація роботи в галузі забезпечення безпечних умов праці, визначення основних заходів щодо оздоровлення робочих місць.

Оцінка заходів щодо підвищення соціально-економічної ефективності у сфері охорони праці дозволяє визначити пропозиції при виборі технологічного обладнання, виробничих процесів та інших заходів, спрямованих на вдосконалення робочих місць в організаціях.

Метод економічної оцінки визначається в результаті розрахунку основних показників: чистого економічного ефекту, загальної економічної ефективності та порівняльної економічної ефективності. Основними методами оцінки підвищення соціально-економічної ефективності є: зростання продуктивності праці; річний економічний ефект [3].

Визначення соціально-економічної оцінки ефективності охорони праці на підприємстві проводиться з метою сприяння вирішенню наступних завдань: економічного обґрунтування запланованих заходів, необхідних для вибору оптимальних варіантів технологічних, ергономічних та організаційних рішень; визначення фактичної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці; оцінка результатів управління виробництвом на різних рівнях; розрахунок необхідних витрат для приведення умов праці на робочих місцях у відповідність до нормативних вимог; та визначення раціональних розмірів матеріального стимулювання працівників.

Соціально-економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів поліпшення умов і підвищення безпеки праці на підприємстві, є економічним вираженням соціальної значущості охорони праці. Відповідно, визначається результатами, отриманими при зміні соціальних показників шляхом здійснення заходів щодо поліпшення умов праці.

Ефективність заходів, спрямованих на підвищення соціально-економічної ефективності умов і охорони праці, визначається з точки зору економіки наступними складовими діями:

- досягти мети вибору оптимальних варіантів з точки зору соціально-економічної ефективності запланованих і проєктованих рішень;
- визначити заходи з промислової безпеки та охорони праці. Ці заходи повинні впливати на основні техніко-економічні показники виробничої діяльності підприємства, дільниці, відділення, цеху, розмір матеріальних витрат, понесених внаслідок виникнення професійних захворювань і нещасних випадків на виробництві, плінність кадрів. Заходи впливають на розробку бізнес-плану господарської одиниці;
- обґрунтування підвищення продуктивності праці в результаті планових витрат на поліпшення умов праці та робочих місць;
- обґрунтування морального та матеріального стимулювання працівників за раціоналізаторські винаходи, успішне впровадження у виробничий процес заходів,

пов'язаних із забезпеченням безпечних і комфортних умов трудової діяльності, у тому числі на етапах освоєння та проектування нових об'єктів, обладнання та пристроїв, а також реконструкції діючих;

- роботодавці суб'єктів господарювання повинні мати порядок проведення оцінки та управління професійними ризиками, оскільки керівник суб'єкта господарювання зобов'язаний забезпечити створення та функціонування системи управління охороною праці, а оцінка ризиків є одним із основних елементів системи [1,2].

У рамках даного дослідження проведено огляд літератури та визначено різні підходи авторів до методів підвищення соціально-економічної ефективності охорони праці. Для соціально-економічного обґрунтування заходів щодо підвищення охорони праці необхідно:

- вибрати вихідні дані про зміну стану виробничого середовища, досягнуті соціальні результати, техніко-економічні показники підприємства для базового та реалізованого варіантів;

- визначити витрати на реалізацію заходів;

- розрахувати соціальну та соціально-економічну ефективність заходів;

- розрахувати повний економічний ефект, тобто економічні результати впровадження заходів;

- розрахувати показники чистого економічного ефекту, загальної та порівняльної ефективності.

Результатом розробки методів оцінки соціально-економічної ефективності охорони праці є оцінка витрат і вигод організацій з точки зору процесів охорони праці та поліпшення умов праці. Ці методи можуть бути покладені в основу прийняття управлінських рішень щодо оптимізації служби охорони праці, поліпшення безпечних і сприятливих умов праці та мотивації працівників до безпечної праці. Розробка методики оцінювання є основою підвищення соціально-економічної ефективності охорони праці в організаціях.

Отже, охорону праці на підприємстві можна визначити як систему, яка дозволяє суттєво розширити свої можливості та досягти більш якісних результатів своєї діяльності. Оцінка стану охорони праці в поєднанні з соціально-економічною оцінкою ефективності заходів, що застосовуються для її підвищення, є основним обов'язком управління охороною праці. Очевидно, що всі види господарської діяльності прямо чи опосередковано впливають на рівень безпеки праці, підвищуючи або знижуючи його. Щоб уточнити наше розуміння економічного впливу заходів з охорони праці з точки зору роботодавців, необхідні подальші дослідження, які будуть передбачать комплексну соціально-економічну оцінку, з метою отримання додаткових висновків щодо впровадження, або удосконалення заходів підвищення ефективності охорони праці на підприємстві.

Література

1. Кодекс законів про працю України : Верховна Рада України документ 322-08 №4170-IX від 01.01.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>

2. Положення про систему управління охороною праці. URL: http://skvytskyi-rvo.edukit.kiev.ua/Files/downloads/pol_sist_op.pdf

3. Следь О. Економічні та соціальні аспекти поліпшення умов та охорони праці в ринковій системі господарювання. Навч. пос., розділ «Економічний аналіз». - 2011. - Вип. 9. - Ч. 2.

КОГНІТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СТРЕСОВИХ РЕАКЦІЙ У ЖІНОК СЕРЕДНЬОГО ВІКУ В УМОВАХ СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СУСПІЛЬСТВА

Макар'ю О.В., здобувачка вищої освіти другого магістерського рівня за спеціальністю «Психологія», Лосієвська О.Г., доктор психологічних наук, професор
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасному українському просторі стрес стає не просто реакцією на окремі події, а фоном повсякденного життя. В умовах тривалої нестабільності та невизначеності зростає потреба у глибокому розумінні факторів, що пояснюють виникнення та супровід стресового стану.

Ключову роль у сприйнятті та переживанні стресових ситуацій відіграє когнітивна складова — система переконань, уявлень, мисленнєвих схем, за допомогою яких індивід осмислює власний досвід. Саме когнітивна інтерпретація є тим фільтром, який визначає, чи буде подія сприйнята як загроза, виклик, можливість або руйнівний фактор.

За визначенням Г. Сельє, стрес — це неспецифічна, стереотипна, філогенетична реакція організму, яка виникає у відповідь на різні стимули середовища та готує його до фізичної активності (наприклад, втечі і т.д.). Поняттям «стресор» він позначив фізичні, фізіологічні і психологічні навантаження, які може відчувати організм (Selye H., 1956).

Г. Сельє у своєму вченні виокремлював два види стресу: дистрес, що пов'язаний із негативними емоційними реакціями, та еустрес, пов'язаний із позитивними.

Відповідно до концепції Г. Сельє, процес адаптації людини до стресової ситуації відбувається поетапно та включає три фази:

- фаза тривоги;
- фаза опору (резистентності);
- фаза виснаження (Selye H., 1956).

Різні види стресу по-різному впливають на організм жінки: еустрес сприяє адаптації до нових умов, активізує функціональні резерви організму, покращує концентрацію та фокус уваги, не має негативного впливу на особистість і, зрештою, допомагає подолати сам стрес. Натомість дистрес чинить негативний вплив на стан жінки та її психоемоційне здоров'я. За науковими дослідженнями, існує низка чинників, які сприяють переходу від еустресу до дистресу, зокрема рівень резильєнтності та здатність до адаптації в умовах стресу.

Першим спробував розмежувати фізіологічне й психологічне розуміння стресу Р. Лазарус. Він висунув концепцію, яка пояснює фізичний стрес, викликаний дією реального фізичного подразника та психологічний (емоційний) стрес, зумовлений оцінкою людиною майбутньої ситуації як загрозової чи важкої. Однак такий розподіл теж досить умовний, оскільки у фізичному стресі завжди є елементи психологічного (емоційного), а у психологічному стресі виникають фізіологічні зміни (Наугольник Л. Б., 2015).

Когнітивна теорія Р. Лазаруса говорить про те, що стрес не є об'єктивною характеристикою ситуації, а результатом внутрішнього осмислення людиною зовнішніх обставин. Теорія підкреслює важливість когнітивної оцінки ситуації для визначення як якості, так і інтенсивності емоцій. Р. Лазарус зосередився на тому, як люди інтерпретують події, що впливають на їхню емоційну реакцію та стратегії подолання. Емоція, за його підходом, виникає у випадках, коли людина або не може належним чином усвідомити нову ситуацію, або осмислює її імпульсивно, що призводить до виникнення дистресу (Lazarus, R.S., & Folkman, S., 1984).

Одна й та сама ситуація, наприклад, втрата роботи, зміна житла чи публічний виступ може сприйматися жінками по-різному. Для однієї це стане кризою, а для іншої — можливістю для розвитку. Така варіативність інтерпретації зумовлена когнітивними установками, рівнем рефлексії, особистісними ресурсами та попереднім досвідом. Подібний

підхід ґрунтується на засадах когнітивної психології, зокрема на концепції когнітивних схем А. Бека, згідно з якою саме сприйняття подій, а не самі події, визначає емоційний стан людини (Beck A., 1976).

У жінок середнього віку спостерігаються різні реакції на стрес, деякі жінки демонструють високий рівень внутрішньої стійкості, здатність до саморефлексії, емпатії та мобілізації ресурсів у складних обставинах, а іноді жінки виявляють підвищену чутливість до негативного бачення ситуації (готовність до найгіршого), можуть мати тенденцію до румінації (надмірного переживання негативних думок - «ходити по колу»), катастрофізації (перебільшення загрози або драматизації). Такі патерни мислення плюс багатошаровість особистих обов'язків жінки істотно підвищують рівень тривожності, втоми й знижують ефективність адаптації.

Таким чином, критичну роль у виникненні та розвитку стресових станів відіграє саме процес осмислення та інтерпретації зовнішніх факторів. Тому для жінок середнього віку в умовах тривалої соціальної напруги важливо розвивати та формувати нові когнітивні стратегії, а саме навчатися по-іншому інтерпретувати стресові події, усвідомлювати свої автоматичні думки, замінювати деструктивні переконання на більш реалістичні й підтримуючі.

Когнітивно-поведінкова терапія - одна з ефективних підходів до роботи зі стресом. Вона дозволяє жінкам навчитися виявляти автоматичні негативні думки, аналізувати їхню реалістичність та замінювати більш адаптивними формами мислення. Також ефективними є методики майндфулнес, тренінги емоційної регуляції, розвиток когнітивної гнучкості та критичного мислення.

Література

1. Наугольник Л. Б., Психологія стресу: підручник – Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2015. – 324 с.
2. Selye H. The Stress of Life / H. Selye. — N.Y., 1956. — p. 216
3. Beck AT, Greenberg RL. Cognitive therapy of panic disorders. In: Hales RE, Frances AJ, eds. Review of Psychiatry. Vol. 7. Washington, DC: American Psychiatric Press; 1988:571-583.
4. Lazarus R.S., Folkman, S. Stress, Appraisal, and Coping. Springer Publishing Company, 1984.- p. 456

УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Левицький В.В., к.е.н., доцент

Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

В умовах воєнного стану перед підприємствами виникають надзвичайно складні виклики, що пов'язані із забезпеченням безперервності операційної діяльності, адаптацією до нестабільного зовнішнього середовища та підтриманням її економічної ефективності. Перебої в логістиці, нестача ресурсів, ризик втрати кваліфікованих кадрів та висока невизначеність посилюють потребу в перегляді традиційних підходів до управління ефективністю операційної діяльності. Головна ж проблема полягає у необхідності розробки та впровадження адаптивних методів управління, що дозволять підприємствам залишитися конкурентоспроможними та водночас бути гнучкими до постійних змін для забезпечення економічної стійкості бізнесу, підтримки економіки країни та мінімізації витрат для підприємств, що продовжують діяльність у складних умовах. Вирішення даної проблеми допоможе підприємствам не лише «вижити», а й використати кризові обставини як поштовх для впровадження інновацій та посилення своїх позицій на ринку тобто у перспективі підвищити ефективність операційної діяльності.

Відзначимо, що останні дослідження в галузі управління операційною діяльністю підприємств в умовах криз, зокрема воєнного стану, зосереджені на формуванні стратегій адаптації бізнесу до швидкоплинних та ризикованих умов. Зокрема, наукові дослідження Дарміць Р.З. та Вацик Н.О. в яких вони проводять аналіз ефективності та результативності підходів до оптимізації виробничих процесів через правильну організацію системи менеджменту, що дозволяє підприємствам мінімізувати витрати та скоротити залежність від нестабільних зовнішніх поставачань[1]. Цікавими дослідженнями підвищення ефективності управління операційною діяльністю підприємства відзначився Кокінз Г., який наголошує на необхідності посилення гнучкості та адаптивності бізнес-процесів через подолання розриву між стратегіями та реальними операційними процесами [2]. Таким чином, сучасні дослідження відображають зростаючу значущість комплексних підходів до управління в умовах нестабільності, особливо в ситуаціях військових конфліктів та високої економічної невизначеності, що відображає актуальність обраної теми дослідження.

Відповідно, аналіз особливостей управління ефективністю операційної діяльності підприємств в умовах воєнного стану зосереджено на виявленні ключових факторів, що впливають на їхню діяльність, а також розробці рекомендацій щодо оптимізації процесів та підвищення стійкості бізнесу. На нашу думку, варто визначити основні завдання управління операційною діяльністю підприємства в умовах воєнного стану, а саме:

- провести оцінку впливу зовнішніх і внутрішніх факторів на ефективність діяльності підприємства у постійно-складних умовах;
- визначити основні проблеми, з якими стикаються підприємства під час управління ресурсами та операціями в умовах воєнного стану;
- розробити систему заходів і інструментів для підвищення стійкості операційної діяльності та адаптації підприємства до динамічного середовища;
- надати рекомендації щодо збереження та підвищення рівня продуктивності, оптимізації витрат та стабілізації фінансових потоків підприємства.

Зазначимо, в умовах воєнного стану бізнес-середовище зазнає суттєвих змін, що впливають на ефективність діяльності підприємства. Зовнішні та внутрішні фактори створюють нові виклики для управління, адже економічна нестабільність, загроза безпеці та порушення логістичних ланцюгів обмежують здатність бізнесу підтримувати стабільну операційну діяльність. Для збереження стійкості операційної діяльності підприємствам необхідно розробляти та впроваджувати заходи, що не лише захистять їх від негативного впливу зовнішніх факторів, але й забезпечать можливості для адаптації та підвищення ефективності [1,3].

На нашу думку, перш за все, однією з основних передумов для стабільного функціонування бізнесу є адаптивне планування ресурсів залежно від умов функціонування. Оскільки, через нестабільність поставачань та порушення логістичних ланцюгів, підприємства змушені переглядати традиційні методи управління запасами й переходити на адаптивні моделі. Вони включають створення резервів продукції та ресурсів, розробку альтернативних шляхів постачання, а також зниження залежності від критично важливих матеріалів. У даних умовах підприємства стають більш вразливими, тому важливо забезпечити гнучкість управління операційними ресурсами, що дозволить адаптуватися до різких змін у зовнішньому середовищі [3].

Крім того, фінансова стабільність також відіграє ключову роль в умовах воєнного стану, адже зберегти ліквідність стає складніше через зменшення доходів, зростання витрат та загрозу виникнення дебіторської заборгованості. Підприємствам необхідно оптимізувати витрати, мінімізувати фінансові ризики та шукати нові джерела підтримки. Використання державних грантів, пільгових кредитів та інших фінансових інструментів, що можуть бути

доступні в умовах воєнного стану, допомагає компенсувати витрати та зберегти фінансову стабільність.

Важливою складовою управління в умовах нестабільності є також організаційна стійкість, що забезпечує ефективну операційну діяльність. Оскільки, підприємства мають бути готовими до оперативних змін у робочих процесах і структурі. Використання новітніх інформаційних технологій дозволяє забезпечити належний рівень контролю за процесами та зберегти продуктивність. Зокрема, дистанційна робота, автоматизація операцій, використання хмарних сервісів для управління даними – це інструменти, що стають критично важливими в умовах воєнного стану. Підприємства, що можуть швидко реорганізувати свої операційні процеси та забезпечити стабільну роботу працівників, мають значно більше шансів на збереження конкурентоздатності.

Також невід’ємною частиною управління ефективністю операційною діяльністю підприємства є ризик-менеджмент і безпека, що в умовах воєнного стану набувають особливого значення. Підприємства стикаються з фізичними загрозами для своїх об’єктів, персоналу, а також ризиками інформаційної безпеки. Систематичний моніторинг і оцінка ризиків, розробка стратегії їхньої мінімізації стають важливими для збереження операційної діяльності.

Отже, управління ефективністю операційною діяльністю підприємства в умовах воєнного стану є важливим комплексом елементів його адаптації до впливу зовнішнього і внутрішнього середовища та збереження ефективності розвитку у майбутньому після завершення періоду нестабільності.

Література

1. Дарміць Р.З., Вацик Н.О. Взаємозв’язок результативності та економічної ефективності в системі менеджменту підприємства. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 2012. С. 153-160.
2. Кокінз Г. Управління результативністю : Як подолати розрив між оголошеною стратегією і реальними процесами. Пер. з англ. Київ : Альвасар. 2021. 318 с.
3. 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>

ПРАВА І СВОБОДИ ГРОМАДЯН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Жмуренко В.М., викладач

*Відокремлений структурний підрозділ «Старобільський фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля»*

Повномасштабне вторгнення російської федерації на територію України та, як наслідок, введення воєнного стану змінило звичний стан життя громадян як у приватному, так і у публічному просторі. Тому наразі є актуальним питання впливу правового режиму воєнного стану на права і свободи людини.

Відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану», воєнний стан — це особливий правовий режим, що вводиться в Україні на всій території або в окремих її місцевостях у разі збройної агресії чи загрози нападу, небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності та передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню, військовим адміністраціям та органам місцевого самоврядування повноважень, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності.

Проте винятковість та особливий характер режиму воєнного стану не означають, що проголошені та законодавчо закріплені права та свободи людини й громадянина припиняють свою дію. Про це прямо вказано у ст. 64 Конституції України, а саме, конституційні права і свободи людини та громадянина не можуть бути обмежені, крім випадків, передбачених Конституцією України. В умовах воєнного або надзвичайного стану можуть встановлюватися окремі обмеження прав і свобод із зазначенням строку дії цих обмежень. Не можуть бути обмежені права і свободи, передбачені статтями 24, 25, 27, 28, 29, 40, 47, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 цієї Конституції.

Відповідно до Конституції України, до таких прав і свобод зокрема належать:

- рівність громадян перед законом;
- заборона позбавлення громадян України громадянства або права зміни громадянства;
- право на життя, на повагу до гідності, на свободу та особисту недоторканність;
- право на звернення до органів державної влади чи місцевого самоврядування;
- право на житло;
- право на шлюб і рівні права та обов'язки в шлюбі та сім'ї;
- право на звернення за захистом своїх прав і свобод у судовому порядку;
- право на відшкодування шкоди завданої незаконними діями або бездіяльністю органів державної влади чи місцевого самоврядування;
- право на захист, а також на відмову свідчити чи давати показання щодо себе, членів сім'ї або близьких родичів
- інші, встановлені Конституцією України.

Закріплення прав та свобод, що не можуть порушуватись у жодному разі, навіть під час дії воєнного стану, є важливим показником дотримання верховенства права у державі.

Указом Президента «Про введення воєнного стану в Україні» №64/2022, передбачається, що на час дії такого стану конституційні права і свободи громадянина, передбачені статтями 30-34, 38, 39, 41- 44, 53 Конституції України можуть бути обмежені, а саме:

- недоторканність житла;
- таємниця листування, телефонних розмов, телеграфної та іншої кореспонденції;
- невтручання в особисте і сімейне життя, крім випадків, передбачених Конституцією України;

- свобода пересування, вільний вибір місця проживання, право вільно залишати територію України, за винятком обмежень, які встановлюються законом;
- право на свободу думки і слова, на вільне вираження своїх поглядів і переконань;
- право брати участь в управлінні державними справами, у всеукраїнському та місцевих референдумах, вільно обирати і бути обраними до органів державної влади та органів місцевого самоврядування;
- право збиратися мирно, без зброї і проводити збори, мітинги, походи та демонстрації.

Крім того, відповідно до ЗУ “Про правовий режим воєнного стану”, передбачається можливість запровадження трудової повинності для працездатних осіб, не залучених до роботи в оборонній сфері та сфері забезпечення життєдіяльності населення і не заброньованих за підприємствами, установами та організаціями на період дії воєнного стану з метою виконання робіт, що мають оборонний характер. Однак слід зазначити, що в такому разі законодавством передбачається збереження працівникам попереднього місця роботи (посади).

Також важливим обмеженням прав громадян, що передбачається вищезазначеним законом, є примусове відчуження майна, що перебуває у приватній або комунальній власності. Вилучатись можуть зокрема об’єкти фонду захисних споруд цивільного захисту, майно державних підприємств, державних господарських об’єднань для потреб держави. Водночас, виходячи з положень законодавства, примусове відчуження майна проводиться в установленому законом порядку та з обов’язковою подальшою компенсацією вартості цього майна власнику.

ЗУ “Про правовий режим воєнного стану” встановлює також інші заходи тимчасового обмеження конституційних прав і свобод громадян, такі як: використання виробничих потужностей підприємств, перевірка документів осіб, запровадження особливого режиму в’їзду та виїзду, запровадження комендантської години тощо.

Важливим аспектом всіх цих обмежень є їх законодавче закріплення та реалізація відповідно до порядку, встановленого в чинних нормативно-правових актах. Це гарантує правову визначеність для громадян та водночас забезпечує співмірність цілям, на які ці обмеження направлені.

Отже, введення режиму воєнного стану на території України супроводжується запровадженням тимчасових обмежень прав і свобод людини. Але треба пам’ятати, що будь-яке обмеження повинно діяти у законодавчо встановлених рамках та у будь-якому разі не може порушувати права, щодо яких в Конституції України прямо передбачена заборона такого порушення. Лише дотримання цих принципів забезпечить збереження України, як правової держави і демократичної держави.

Література

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996, № 254к/96-ВР : станом на 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
2. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015, № 389-VIII : станом на 08.02.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>.
3. Про введення воєнного стану в Україні : Указ Президента України від 22.02.2022, № 64/2022 : станом на 19.04.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text>.

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРАЛЬНО-ЕТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ МИСТЕЦЬКОГО ЦИКЛУ

Жуков В.П., доктор філософії, доцент, докторант

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

Наше дослідження мало на меті з'ясувати процеси та умови, які сприяють формуванню морально-етичної культури майбутніх учителів предметів мистецького циклу, тим самим сприяючи створенню більш цілісної системи педагогічної освіти.

Результати цього дослідження з використанням комплексу методів [1] представлені у трьох частинах: аналіз навчальних програм, кількісні результати опитування та висновки з напівструктурованих інтерв'ю. Разом ці результати дають багатогранне розуміння того, як морально-етичні принципи розглядаються в програмах підготовки вчителів предметів мистецького циклу.

Аналіз навчальних програм. Вивчення 25 репрезентативних планів і конспектів курсів виявило різну увагу до морально-етичного навчання. У таблиці 1 наведено стислий опис визначених тем та їхньої частоти у відібраних навчальних програмах.

Таблиця 1. Частота етичних і моральних компонентів у проаналізованих навчальних програмах (N = 25)

Етичний/моральний компонент	Кількість програм, що посиляються на компонент	Відсоток (%) від загальної кількості програм
Побіжна згадка про етичні обов'язки	21	84%
Окремі розділи/модулі про моральну чутливість	11	44%
Візуальна культура/ініціативи соціальної справедливості	5	20%
Кейс-орієнтоване навчання (етичні дилеми в художній практиці)	7	28%
Систематичні рефлексивні вправи (журнали/критика)	10	40%

У той час як більшість навчальних програм (n = 21, 84%) включали принаймні побіжні посилання на етичні обов'язки педагогів, менше половини (n = 11, 44%) мали призначені розділи або модулі, явно присвячені вихованню моральної чутливості, обговоренню етичних дилем або розвитку рефлексивної практики. Зазначимо, що до курсів, які включали етичні міркування, часто підходили через такі теми як класне керівництво або партнерська залученість, а не через чіткі модулі, позначені як «етичні» або «моральні» дослідження. Зокрема, лише 20% (n = 5) навчальних програм згадували проекти підтримки культури та соціальної справедливості як засіб сприяння критичній моральній рефлексії серед майбутніх учителів предметів мистецького циклу. Аналіз змісту також показав, що навчання на основі конкретних випадків, зосереджене на етичних дилемах, залишалося відносно недостатньо використаним педагогічним прийомом, що свідчить про втрачені можливості для глибшої взаємодії студентів.

Кількісні результати опитування. Загалом онлайн-анкету заповнили 150 майбутніх учителів предметів мистецького циклу. У таблиці 2 наведено описову статистику для

ключових досліджуваних змінних – моральної чутливості, рефлексивної взаємодії, якості партнерства та сприйнятої готовності вирішувати етичні дилеми.

Таблиця 2. Середні значення (СЗ), стандартні відхилення (СВ) і коефіцієнти надійності (α) для показників опитування (N = 150)

Показники	СЗ	СВ	α Кронбаха
Шкала моральної чутливості (ШМЧ)*	3.85	0.76	0.81
Індекс рефлексивної взаємодії (ІРВ)†	3.62	0.71	0.84
Шкала якості партнерства (ШЯП)‡	3.48	0.68	0.79
Уявна етична готовність (УЕГ)§	3.26	0.83	0.82

* 1 = зовсім не згоден, 5 = повністю згоден; вищі бали вказують на більшу моральну чутливість.

† Елементи індексу рефлексивної залученості вимірюють частоту участі в рефлексивних заходах (наприклад, ведення журналу, критичні дискусії).

‡ Елементи шкали якості партнерства оцінюють сприйняту ефективність і послідовність настанов викладацького складу або викладача, який співпрацює з етичних питань.

§ Готовність до вирішення етичних дилем, за власними оцінками.

Зі 150 майбутніх учителів предметів мистецького циклу, які відповіли на запитання онлайн-анкети, 66% (n = 99) повідомили, що мали «від помірної до високої» вразливість до розмов про етику під час виконання курсів, хоча лише 41% (n = 62) відчували себе «добре підготовленими» до вирішення етичних дилем на практиці. Регресійний аналіз показав, що залучення до структурованих рефлексивних вправ (наприклад, ведення журналу, взаємна критика) значною мірою передбачало вищі показники моральної чутливості ($\beta = 0,42$, $p < 0,01$). Більше того, наявність формального партнерства, включаючи взаємодію з викладачами, які співпрацюють та моделюють прийняття етичних рішень, виявилася позитивним предиктором етичної обізнаності ($\beta = 0,35$, $p < 0,05$). Навпаки, тривалість навчання в програмі або кількість завершених аудиторних курсів не були суттєво пов'язані з моральною чи етичною компетентністю (усі $p > 0,05$), що свідчить про те, що педагогічні втручання, а не сама тривалість програми, можуть мати сильніший вплив на моральний розвиток.

Крім того, ми хотіли б зазначити, що множинний регресійний аналіз вивчав предиктори моральної чутливості (ШМЧ). Рефлексивна залученість ($\beta = 0,42$, $p < 0,01$) і якість партнерства ($\beta = 0,35$, $p < 0,05$) показали значні позитивні зв'язки з ШМЧ, разом пояснюючи 38% дисперсії ($R^2 = 0,38$, $p < 0,01$). Час, витрачений на навчальну програму (тобто кількість зареєстрованих семестрів) і кількість завершених аудиторних курсів, не були статистично значущими предикторами.

Предиктори моральної чутливості (ШМЧ) серед майбутніх учителів предметів мистецького циклу: рефлексивне залучення ($\beta = 0,42$, $p < 0,01$), якість наставництва ($\beta = 0,35$, $p < 0,05$), тривалість програми ($\beta = 0,08$, $p > 0,05$), навантаження в аудиторії ($\beta = 0,04$, $p > 0,05$).

Результати підтверджують, що діяльність, яка спонукає до самоспостереження (наприклад, рефлексивне журналювання або взаємна критика) та якісний досвід партнерства (наприклад, послідовний зворотній зв'язок щодо вирішення етичних дилем), є впливовими факторами для підвищення моральної чутливості. Навпаки, накопичення більш загального

досвіду роботи з предметів мистецького циклу (аудиторні курси) або просто більше часу, проведеного на програмі, самі по собі не сприяють розвитку морально-етичних компетенцій.

Висновки з напівструктурованих інтерв'ю. Тематичний аналіз інтерв'ю з 20 учителями предметів мистецького циклу та 5 викладачами університетських факультетів мистецької освіти дав змогу виокремити три взаємопов'язані теми, кожна з яких забезпечує глибший контекст для кількісних результатів.

Уявна недостатність етичного навчання:

1) Учасники описували етичне навчання як «епізодичне» або «закріплене», яке часто переносилося на останні тижні педагогічних курсів.

2) Дехто відзначив відсутність основи для складних питань, таких як культурне присвоєння, цензура або відповідальне використання цифрових зображень, що призвело до того, що дехто почувався невідповідно.

Цінність педагогіки рефлексії та педагогіки співробітництва:

1) Багато учасників розповідали про трансформаційний досвід, в якому вони виявили власні упередження або етичні «сліпі плями» завдяки критиці групи, взаємному спостереженню або рефлексивним завданням в щоденнику.

2) Викладацький склад підкреслив переваги проєктів, що об'єднують соціальне чи суспільне мистецтво як плацдарм для етичних дискусій, зміцнюючи узгодженість між творчим вираженням і моральним дослідженням.

Важливість реальної контекстуалізації:

1) Респонденти постійно наголошували на досвідченому навчанні, роботі з громадськими мистецькими організаціями чи спільному викладанні в школах місцевих громад, як на ключових для протистояння моральним дилемам у реальному житті.

2) Студенти заявили, що тематичні дослідження спірних творів мистецтва, історичних суперечок або суперечок у суспільстві навколо публічних мистецьких акцій сприяли розвитку прикладного почуття етичної відповідальності.

Загалом отримані дані свідчать про те, що на розвиток морально-етичної культури серед майбутніх учителів предметів мистецького циклу сильно впливає ступінь впровадження педагогіки рефлексії та педагогіки співробітництва в навчальну програму, а також якість отриманого партнерства. Хоча більшість навчальних програм визнають важливість етики, їм часто бракує цілісної структури для систематичної інтеграції етичних дискусій і навчання на основі конкретних випадків. Варто зазначити, що як кількісні, так і якісні показники сходяться до висновку, що реальна контекстуалізація зосередження на сучасних, іноді суперечливих питаннях у мистецтві, суттєво підвищує етичну чутливість і підготовленість.

Отримані результати вказують на шляхи вдосконалення навчальних програм для майбутніх учителів предметів мистецького циклу: надання пріоритету рефлексивним вправам, налагодженню глибоких партнерських стосунків і розширенню можливостей навчання на реальному досвіді. Отже, такі програми можуть краще підготувати студентів до активної участі в морально-етичних аспектах викладання, що в кінцевому підсумку принесе користь всім учням, яких вони навчатимуть.

Підсумовуючи, результати дослідження вказують на те, що хоча деякі навчальні програми та викладачі свідомо звертаються до морально-етичних аспектів у професійній підготовці вчителів предметів мистецького циклу, їхнє висвітлення залишається непослідовним і часто неявним. Кількісні дані підкреслюють центральну роль рефлексивної діяльності та партнерства у підвищенні етичної обізнаності, тоді як якісні висновки підкреслюють прагнення учасників до більш систематичної та контекстно-збагаченої етичної підготовки. Ці загальні висновки підкреслюють потребу в продуманій розробці

навчальних програм і сприятливому педагогічному середовищі, яке повністю інтегрує морально-етичні принципи в структуру підготовки вчителів предметів мистецького циклу.

Література

1. Bresler L. (Eds.). *International Handbook of Research in Arts Education*. Illinois : Springer, 2007. Vol. 16. P. 1. 1628 p.

ПОЛУМ'Я ВИЗВОЛЕННЯ: НАЦІОНАЛЬНО-ВИЗВОЛЬНА ВІЙНА УКРАЇНСЬКОГО НАРОДУ СЕРЕДИНИ XVII СТОЛІТТЯ

Добрицька Дар'я, учениця

Школа I-III ст № 232 м. Києва

Національно-визвольна війна українського народу середини XVII століття є фундаментальною подією в історії Східної Європи, що мала далекосяжні наслідки для політичного та соціального ландшафту регіону. Очолювана Богданом Хмельницьким, ця війна стала не лише кульмінацією тривалого періоду соціально-економічних та релігійних утисків, але й потужним імпульсом для формування української козацької держави та розвитку національної свідомості. Метою даної статті є дослідження ключових аспектів цієї війни в контексті сучасних історіографічних підходів, аналіз її передумов, динаміки розвитку та впливу на подальшу історичну траєкторію України.

Середина XVII століття стала переломним моментом в історії України. Полум'я народного гніву, що довго тліло під гнітом Речі Посполитої, вирвалося назовні у грандіозній Національно-визвольній війні під проводом харизматичного гетьмана Богдана Хмельницького. Ця епоха героїзму, боротьби за віру та власну гідність, назавжди змінила політичну карту Східної Європи та заклала міцний фундамент для формування української національної ідентичності.

Українські землі у складі Речі Посполитої потерпали від соціальної несправедливості, релігійних утисків та культурної асиміляції. Магнати та шляхта безмежно збагачувалися, експлуатуючи працю селян, позбавлених будь-яких прав. Православна віра зазнавала дискримінації, а українська мова та культура поступово витіснялися. В цих умовах козацтво стало тією силою, яка зуміла об'єднати навколо себе невдоволені верстви населення та підняти прапор боротьби.

Особиста трагедія Богдана Хмельницького стала каталізатором загальнонаціонального повстання. Його енергія, військовий талант та політична далекоглядність швидко зробили його лідером визвольного руху. Перші блискучі перемоги козацького війська – під Жовтими Водами, Корсунем та особливо під Пилявцями – не лише зламали міць польської армії, але й надихнули тисячі українців приєднатися до боротьби.

Війна набула характеру загальнонародної, у ній брали участь не лише козаки, а й селяни, міщани, частина шляхти та духовенства. Рушійною силою повстання стало прагнення до свободи, відновлення прав православної церкви та створення власної держави.

У ході війни постала Українська козацька держава – Гетьманщина – з її власною територією, адміністрацією, військом та зовнішньою політикою. Богдан Хмельницький розбудовував державні інститути, прагнучи забезпечити незалежність та процвітання нової держави. Проте, в умовах постійної зовнішньої агресії, Гетьманщина була змушена шукати союзників.

Переяславська рада 1654 року та укладена угода з Московським царством стали контроверсійним кроком, наслідки якого відчувалися протягом століть. Прагнення знайти захист від польської агресії призвело до складних і неоднозначних відносин з Московією, які зрештою обернулися втратою незалежності.

Попри трагічні сторінки та незавершеність боротьби, Національно-визвольна війна під проводом Богдана Хмельницького залишила глибокий слід в історії України. Вона стала

символом національного пробудження, незламної волі до свободи та важливим етапом у формуванні української політичної нації. Пам'ять про героїчні події середини XVII століття та постать Богдана Хмельницького є невичерпним джерелом натхнення для сучасних українців у їхній боротьбі за незалежність та територіальну цілісність.

Література

1. Плохій, С. Наливайкова віра: Козацтво та релігія в ранньомодерній Україні. Критика. 2001
2. Смолій, В. А., Степанков, В. С. Богдан Хмельницький. Альтернативи.
3. Крип'якевич, І. П. (1990). Історія України. Світ. 1999
4. Яковенко, Н. М. Нариси історії України з найдавніших часів до кінця XVIII ст. Критика. 2008

ГРАФІТІ СОФІЇ КИЇВСЬКОЇ, ЯК ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНЕ ДЖЕРЕЛО

Кірсанова Карина, учениця

Родинська ЗОШ I-III ст. Покровської міської ради Донецької області

Софійський собор у Києві, побудований у першій половині XI століття за часів правління Ярослава Мудрого, є унікальною пам'яткою давньоруської архітектури та мистецтва. Поряд із величними мозаїками та фресками, собор зберігає численні графіті – написи та малюнки, видряпані на стінах, колонах та інших елементах храму протягом віків. Ці епіграфічні пам'ятки становлять надзвичайно цінне історико-культурне джерело, що відображає різноманітні аспекти життя середньовічного суспільства. Дослідження графіті Софії Київської має тривалу історію, проте активне та систематичне їх вивчення розпочалося лише у другій половині XX століття, особливо посилюється у 1970-1980-х роках завдяки працям С.О. Висоцького. Сьогодні, із застосуванням новітніх технологій та методів дослідження, вивчення епіграфічної спадщини собору набуває нового імпульсу та відкриває нові перспективи для розуміння минулого.

Перші спроби вивчення написів на стінах Софійського собору датуються XIX століттям і пов'язані з іменами М. Берлінського, М. Закревського та І. Срезневського. Однак період систематичного дослідження розпочався лише в середині XX століття. Фундаментальний внесок у вивчення софійських графіті зробив С.О. Висоцький, який опублікував серію монографій, присвячених цій темі: "Древнерусские надписи Софии Киевской XI-XIV вв." (1966), "Средневековые надписи Софии Киевской" (1976) та інші. У сучасний період значний внесок у дослідження епіграфіки Софії Київської зробили Н.М. Нікітенко, В.В. Корнієнко, О.О. Євдокімова та інші дослідники. В роботах В.В. Корнієнка, зокрема, здійснено комплексний аналіз графіті, виявлено та інтерпретовано сотні нових написів, що суттєво розширило джерельну базу досліджень. За змістом графіті Софії Київської можна поділити на кілька основних груп: молитовні написи, пам'ятні написи, побутові написи, літописні графіті, графіті-малюнки, написи-граффіто.

Графіті Софії Київської містять цінні відомості про політичну історію Київської Русі та наступних періодів. Особливу увагу привертають записи, що фіксують дати смерті київських князів. Так, знаменитий напис про смерть Ярослава Мудрого (20 лютого 1054 р.) дозволив уточнити дату цієї події, відому з літописів. Важливим для історичної хронології є запис про смерть Святополка Ізяславича (16 квітня 1113 р.), а також напис, що згадує князя Володимира Мономаха. Графіті, що стосуються політичних подій, часто містять інформацію, яка доповнює або уточнює літописні дані, а інколи є єдиним джерелом відомостей про певні події. Окрему цінність становлять написи, пов'язані з династичними зв'язками Київської Русі та інших держав, зокрема графіті, що згадують візантійських імператорів та інших іноземних правителів. Графіті Софії Київської є важливим джерелом для вивчення соціальної структури давньоруського суспільства. Записи містять відомості

про різні соціальні верстви: князів, бояр, духовенство, ремісників, купців. Особливо цінними є згадки представників міських професій, що дозволяє реконструювати професійну структуру середньовічного Києва. Деякі написи дають уявлення про економічне життя: згадуються торгові операції, боргові зобов'язання, ціни на товари. Наприклад, відомі графіті, що фіксують грошові суми, позики та інші фінансові транзакції.

Також графіті часто містять інформацію про побутову культуру, звичаї та традиції різних соціальних груп, що дозволяє реконструювати картину повсякденного життя середньовічного міста. Як пам'ятки, створені в стінах головного християнського храму Київської Русі, графіті Софії Київської мають значний потенціал для вивчення релігійного життя та духовної культури. Молитовні написи відображають особливості релігійної свідомості та практики, дають уявлення про найбільш шановані культи святих, форми звернення до божественних сил.

Графіті Софії Київської є унікальним комплексом історико-культурних джерел, що відображають різноманітні аспекти життя середньовічного суспільства Київської Русі та наступних періодів. На відміну від офіційних літописів та документів, графіті часто представляють "живий голос" звичайних людей минулого, відображають повсякденну свідомість та практики.

Епіграфічні пам'ятки собору мають значний потенціал для вивчення політичної, соціальної, економічної історії, релігійного життя, культури та мови середньовічної Русі. Вони дозволяють уточнити хронологію історичних подій, виявити невідомі з інших джерел факти, реконструювати ментальність та світогляд середньовічної людини.

ПОЛІТИКА ПАМ'ЯТІ ЩОДО УКРАЇНСЬКИХ СІЧОВИХ СТРІЛЬЦІВ В УМОВАХ НЕЗАЛЕЖНОСТІ

Нізовець Артем, учень

Школа І-ІІІ ст № 232 м. Києва

З часу відновлення незалежності в Україні довгий час не було запроваджено послідовної політики історичної пам'яті. Це зумовлювалося різними поглядами влади та суспільства на історичні події. До 2014 р. державна політика пам'яті була мінливою, залежною від змін у політичній ситуації в країні. Після подій Революції гідності та початку російсько-української війни відбулося повернення політики національної пам'яті до пріоритетів держави. В суспільстві теж все чіткіше простежуються тенденції до більш уніфікованого підходу до сприйняття історичних постатей та подій. Вторгнення російських військ в Україну згуртувало суспільство навколо національних героїв, які відстоювали відновлення української державності. Натомість відходять у небуття історичні постаті, які знищували українську націю. Першою спробою визнання ролі Українських січових стрільців у становленні української державності на рівні загальнодержавного нормативно-правового акту був Указ Президента України № 5/2010 від 6 січня 2010 р. «Про заходи з відзначення, всебічного вивчення та об'єктивного висвітлення діяльності Українських Січових Стрільців». Цим указом на Кабінет Міністрів України покладено: розробку плану заходів відзначення та висвітлення діяльності УСС шляхом проведення урочистих заходів, конференцій, виставок; патріотичної акції на горі Маківка за участю молодіжних організацій; дослідницької та пошукової роботи, зокрема, в місцях, пов'язаних з історією формування; створення документального фільму; випуск в обіг поштової марки і конверта, присвячених 95-й річниці перемоги Українських січових стрільців на горі Маківка; упорядкування місць поховань, встановлення пам'ятних знаків. Цей та інший укази останніх тижнів каденції Президента Віктора Ющенка назвали його «прощальними указами». Наступний Президент мав зовсім інші історичні пріоритети. Тож чи не єдиним, що було зроблене в дусі Указу №5/2010, був документальний фільм «Бій за гору Маківка», знятий в

2010 р. режисерами Любомиром Горбачем і Андрієм Тур'янським. Втім фінансування зйомок не було здійснене коштом державного бюджету. Вагомим кроком, спрямованим зафіксувати вектор політики пам'яті в Україні, став Закон України «Про правовий статус та вшанування пам'яті борців за незалежність України у XX столітті», який набрав чинності 21 травня 2015 р. Закон ставить своїм завданням визначення напрямів державної політики щодо відновлення, збереження та вшанування національної пам'яті про боротьбу та борців за незалежність України.

Серед борців за незалежність у XX столітті виділяють і Українських січових стрільців, яких віднесено до категорії військових, безпекових, інших мілітарних, воєнізованих або парамілітарних формувань та частин УНР, Української Держави, ЗУНР. Як в преамбулі до Указу Президента від 2010 р., так і в Законі 2015 року відзначено активну участь УСС в Українській революції 1917-1921 рр., але не згадується період боротьби на початку Першої світової війни, коли «Українські Січові Стрільці зібралися в році 1914 і пішли в бурю світової війни, щоби дати доказ, що український нарід стремить до самосійного розвою і бажає рішати сам про свою долю». Таким чином в згаданих вище нормативно-правових актах упущено вагомий період пробудження українського духу ще в період Австро-Угорської імперії, не кажучи вже про зародкові парамілітарні форми організації — товариства «Сокіл», «Січ», «Пласт». Незадовго перед прийняттям згаданого Закону, Верховною Радою України було винесено Постанову «Про відзначення пам'ятних дат і ювілеїв у 2015 році», якою з-поміж іншого відзначалося 100 років з часу боїв за г. Маківка між підрозділами Українських січових стрільців та російською армією. Активне вшанування Українського січового стрілецтва у 2015 р. було продовжено прийняттям Указу Президента від 21 квітня «Про заходи з відзначення діяльності Українських Січових Стрільців та 100-річчя їх перемоги на горі Маківка». За своїм змістом Указ від 2015 р. несуттєво відрізняється від Указу 2010 р., що лише підтверджує дещо формальний підхід до відзначення пам'ятних дат та подій. Кабінет Міністрів України в свою чергу розпорядився організувати наукові конференції, лекції, тематичні виставки, конкурс учнівських наукових робіт та творчий конкурс малюнків, присвячені історії Українських січових стрільців; сприяти організації дитячих історично-патріотичних таборів та включенню до програм існуючих таборів заходів із вшанування пам'яті Українських січових стрільців, виготовленню та розміщенню соціальної реклами тощо. З наведеного вбачається, що частина заходів мала бути спрямована на дітей та молодь, що мало би допомогти сформувати в прийдешніх поколіннях розуміння значення діяльності УСС.

Література

1. Дорош С. Укази президента Ющенка. Бі-Бі-Сі, Київ. 23 січня 2010. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/ukraine/2010/01/100123_yushchenko_lastdecrees_is
2. Мельник І. Сторіччя Маківки. 28 квітня 2015. URL: <https://zbruc.eu/node/35523>

ДИПЛОМАТІЯ, ЯК ОДИН ІЗ МЕТОДІВ ЗОВНІШНЬОЇ ПОЛІТИКИ ОКТАВІАНА АВГУСТА

Олійник Руслан, учень

Школа I-III ст № 232 м. Києва

Період правління Октавіана Августа (27 р. до н.е. - 14 р. н.е.) став одним із вузлових моментів розвитку Римської держави. Саме в цей час відбувся перехід від республіканського ладу до режиму особистої влади – принципату.

Актуальність дослідження зовнішньої політики Октавіана Августа зумовлена кількома факторами. По-перше, його правління демонструє, як держава може відновити свою могутність після серйозної внутрішньої кризи. По-друге, комплексний підхід Августа до міжнародних відносин, що поєднував військову силу з дипломатією та стратегічними

альянсами, залишається актуальним для розуміння сучасних міжнародних відносин. Потретьє, досвід ведення зовнішньої політики після значної внутрішньої кризи є важливим для сучасних держав, що стикаються з подібними викликами.

Зовнішньополітична діяльність Октавіана Августа була невід'ємною складовою його загального політичного курсу. Ставши на чолі держави після багатьох років внутрішніх потрясінь, він прагнув встановити мир та стабільність не лише всередині країни, але й на її кордонах. Головна мета його зовнішньої політики полягала не стільки в завоюванні нових територій, скільки в забезпеченні порядку та повного підпорядкування римській владі вже існуючих провінцій, відновленні авторитету Риму серед сусідніх племен та держав.

Характерною рисою зовнішньої політики Августа було надання переваги дипломатичним методам над військовими. Він застосовував військову силу лише тоді, коли це було необхідно, і навіть тоді діяв обережно та розважливо. Такий підхід дозволив забезпечити відносно мирний характер його правління, що було особливо важливо після виснажливих громадянських війн.

Зовнішня політика Октавіана Августа залишається дороговказом для сучасних лідерів у прагненні до миру, процвітання та глобальної стабільності. Ці універсальні принципи доводять, що історія є не лише джерелом знань, але й практичним орієнтиром для сучасного світу.

НОМІНАТИВНО-ДЕНОТАТНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЕРГОНІМІВ МІСТА ВІННИЦІ

Конончук К.О., викладач, Бортун К.О., к.філол.н., доцент

Національна академія внутрішніх справ

Сучасний урбаністичний простір є насиченим множиною власних назв, серед яких особливе місце посідають ергоніми – імена підприємств, організацій, установ і брендів, що функціонують у конкретному соціокультурному середовищі. Ергоніми не лише виконують ідентифікаційну функцію, а й відображають економічні, культурні, лінгвальні й ментальні особливості конкретного регіону. Їх аналіз дозволяє дослідити мовні тенденції, способи найменування й семантичну мотивацію назв, що репрезентують простір сучасного міста.

У роботі увага зосереджена на ергонімах м. Вінниці – великого адміністративного центру України, об'єктом якого слугує аналіз найменувань підприємств і організацій, що функціонують у міському середовищі, а предметом – номінативно-денотатна класифікація цих назв. Такий погляд дозволяє виявити закономірності у способах творення ергооб'єктів, зокрема їх мотивацію, джерела номінації, сферу діяльності та семантичні характеристики. Вектор погляду сфокусовано на розкритті структури й типології онімного простору Вінниці як відображення локального мовного ландшафту [6-9].

М. Торчинським [4] було розроблено детальну номінативно-денотатну класифікацію, що передбачає поділ назв за типом іменованих об'єктів, структурування за особливостями денотатів, кожен із яких, уже має загальну назву і водночас може бути додатково номінований саме за допомогою оніма. Типологія пропріативів, яка ґрунтована на потрактуванні денотатів, має особливе значення для ономастики. Це зумовлено такими причинами: 1) надає стрункості, послідовності і логічності процесу дослідження лексем; 2) дозволяє визначити продуктивність різних класів власних назв у певній мові; 3) є основою для зіставно-порівняльних висновків, котрі характеризують інші функціональні аспекти онімів.

Лінгвіст виокремлює пласт ергонімікону на три класи (унаочнену класифікацію подано у табл.1).

Таблиця 1. Класифікація ергонімів за М. Торчинським



колективоніми
конфедераціоніми
пресулатоніми

Під колективонімами вчений розуміє власні найменування колективів, зайнятих у сфері виробництва та сервісу, конфедераціонімами паспортує власні назви об'єднань людей за політичними, ідеологічними та іншими подібними ознаками, та пресулатонімами вважає власні назви керівних структур різних рівнів [3].

Аналіз ергонімів міста Вінниці з позицій номінативно-денотатного підходу засвідчив багатство і різноманітність урбанонімного простору, в якому власні назви відображають не лише сферу діяльності підприємств, а й культурно-ментальні особливості регіону. Установлено, що більшість ергонімів мають прозору мотивацію, пов'язану з функціональною ознакою, географічною прив'язкою або оцінною характеристикою, тоді як інші засновані на символічних, метафоричних або іншомовних елементах.

Наявна тенденція до активного використання англіцизмів, комбінованих назв (українсько-іноземних), а також патріотичної лексики, що є відображенням глобалізаційних процесів й актуального соціального контексту. Ергоніми Вінниці функціонують як маркери ідентичності, комунікативні знаки і водночас мовні портрети сучасного міста. Їх систематизація за номінативними й денотативними ознаками є важливою для подальших лінгвістичних, соціолінгвістичних та урбаністичних досліджень.

Література

1. Бортун К.О. Семантико-культурологічні особливості української соматичної фразеології. Закарпатські філологічні студії. Вип. 37 С. 14 – 17. doi <https://doi.org/10.32782/tps2663-4880/2024.37.2>
2. Бортун Каріна Олександрівна САТИСФАКЦІОНІМИ МІСТА ВІННИЦІ: МОВНІ ВІДОБРАЖЕННЯ ЕРГОНІМНОГО БАГАТСТВА. Вісник Сковородинівської академії молодих учених: зб. наук. пр. / Харків. нац. пед. ун-т ім. Г. С. Сковороди. Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2025. С. 46-52.
3. БОРТУН К. (2024). ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧНІ ГРУПИ СОМАТИЗМІВ У СТРУКТУРІ ФРАЗЕОЛОГІЇ. Наукові праці Міжрегіональної Академії управління персоналом. Філологія, (4 (14), 11-16. <https://doi.org/10.32689/maup.philol.2024.4.2>
4. Бортун К. О. Структурні особливості асоціативного поля ергонімів міста Вінниці. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Сер.: Філологія. 2022. № 56. С. 16–20. DOI <https://doi.org/10.32841/2409-1154.2022.56>.
5. Торчинський М. М. Структура онімного простору української мови: монографія. Хмельницький: Авіст, 2008. 567 с.
6. Хібеба Н. Українські ергоніми в аспекті лінгвокраїнознавчих студій. Теорія і практика викладання української мови як іноземної. 2010. №5. С. 102–110.
7. Хрушкова О. А. Структура та функційне навантаження писемних носіїв інформації сучасного міста. дис. канд. філ. наук. Дніпро, 2016. 249 с.

8. Myroslava Chesakova, Karina Bortun, Viktoriia Lohvynenko, Valerii Molotai and Nataliia Tymoshyk. Enhancing Social Protection Policy for Internally Displaced Persons in the Context of War. vol.21.2023. available at: <https://refpress.org/ref-vol21-a105/>

9. Bortun, K., Chekaliuk, V., Kravchenko, O., et al., 2024. Detection of Typical Aggressive Lexical Markers through Authorisation of Publicistic Texts. Forum for Linguistic Studies. 6(6): 172–183. DOI: <https://doi.org/10.30564/fls.v6i.6.7051>

ФОНЕТИЧНИЙ ФРОНТ: ЯК УКРАЇНСЬКА МОВА ВІДРІЗНЯЄ «СВОЇХ» ВІД «ЧУЖИХ»

Харчук М.В., учень, Гречановська І.В., учитель української мови і літератури
Михайлівський ліцей Новомиколаївської сільської ради Скадовського району Херсонської області

Боронити свою країну від агресора можна не лише зброєю, а й словом. Журналістка Ольга Герасим'юк у зв'язку з цим наголошує: «Мова є безпомилковим маркером, за яким ми завжди чітко чули свого і чужинця. Завжди! По тому, як саме говорить та чи інша людина, ми точно можемо сказати, звідки вона: із Закарпаття чи Хмельниччини» [1]. Однак окупанти цього не врахували і, як наслідок, з'явилася низка недоречних перекладів, за якими ми не лише чітко визначаємо, де «свої», а де – «чужі», маркуючи таким чином свою приналежність до української спільноти під час війни.

Ось лише деякі «перли», що з'явилися завдяки «гуглтранслейту»:

«хлопівка» – у розумінні вибуху, адже окупанти не врахували, що в Україні немає традиції називати вибухи «хлопками», а вибухівку – «хлопівкою»;

«виконачі» – замість більш природнього «виконавці»;

«приховуються» – замість «переховуються»;

«крапка у» – словосполучення, напевно, мало б означати тактичний ракетний комплекс «Точка-У», який, до речі, від початку повномасштабного вторгнення активно застосовують і Україна, і росія;

«Мить-29» – мабуть, мало б означати винищувач МіГ-29, але перекладач вирішив перекласти це слово по-своєму;

«підлога країни не може терпіти ці пекельні борошна» – вислів мав би означати «пів країни не може терпіти ці пекельні муки»;

«електрохарчування» – замість «електроживлення»;

«київська влада» (російський наратив) замість звичного для нас «українська влада», «український уряд»;

«за ризикою зубожіння» – замість українського відповідника «за межею зубожіння».

Топографічні помилки – ще одна поширена особливість «почерку» російського окупанта. Так, у російському телеграм-каналі переплутали Бердичів і Бердянськ, а отже, за логікою росіян корабель «Орск» міг затонути десь у Житомирській області. Також для окупантів поняття «Балаклія» і «бакалія» – цілком ідентичні.

Те, що російські військові чи диверсанти не знають української, дозволило їх ідентифікувати. Згадаймо хоча б фразу «скажи паляниця».

На початку війни саме слово «паляниця» стало своєрідним кодом українців. Українські військові почали вимагати від підозрілих осіб вимовляти саме його, щоб відрізнити росіян від українців. Не секрет, що слово «паляниця» важко вимовити іноземцям, зокрема й росіянам. Це пов'язано з фонетичними особливостями української мови. Після того, як низка росіян вимовила замість «паляниця» слово «полуниця», це стало справжнім мемом у соцмережах. Ба більше, українці у зв'язку з цим навіть вигадали скоромовку: «Українські паляниці зі смаком полуниці продаються у крамниці біля Укрзалізниці». Люди здавна розуміли, що кожна етнічна група має характерну мовну особливість, важке для

вимови слово, за яким ідентифікують іноземця, своєрідний «мовний пароль» для того, хто розмовляє нерідною мовою. Називають такі слова чи словосполучення шиболет. [2]

Неодноразово люди, які опинялися в окупації і чекали на визволення, розуміли про прихід наших військових лише з того, що чули звертання рідною мовою. Мова — це не просто засіб комунікації. У часи війни вона стає маркером ідентичності, способом розпізнавання «свого», інструментом культурного спротиву. Приклади мовних помилок, незграбних перекладів і смішних «перлів» демонструють, наскільки глибоко мова вкорінена в нашу реальність і наскільки болісно ворог спотикається об цю культурну силу.

Література

1. Будь-яка жива мова породжує нові слова нового часу. Українське радіо, 2022 URL: <https://ukr.radio/news.html?newsID=99981> (дата звернення: 11.05.2025).

2. Шиболет або звідки взявся мовний тест для ворогів на “паляницю”. Українки, 2023 URL: <https://ukrainky.com.ua/shibolett-abo-zvidky-vzyavsysa-movnyj-test-dlya-okupantiv/> (дата звернення: 11.05.2025).

ПЕРСОНАЛЬНИЙ БРЕНД СУЧАСНОГО ПЕДАГОГА: ІНСТРУМЕНТИ СТВОРЕННЯ ТА ПРОСУВАННЯ

Небосенко В., здобувачка освіти гр.СО-22-1/11, Садовенко С. Г., докторка філософії
Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки Українського державного університету науки і технологій»

У сучасному інформаційному суспільстві персональний бренд педагога є важливим інструментом професійного розвитку та підвищення впливовості в освітній спільноті. Використання цифрових платформ дозволяє ефективно доносити власні ідеї, методики та підходи до навчання, а також налагоджувати комунікацію з колегами та студентами. Як показують дослідження, персональний бренд є важливим фактором успіху в сучасному освітньому середовищі, оскільки дозволяє педагогам виділятися серед колег і привертати увагу до своїх досягнень [1].

Особливо важливим є залучення педагогів до цифрових просторів, які сприяють розвитку їхнього бренду. У сучасних умовах цифрові платформи стали одним із основних інструментів для підтримки бренду педагога. Соціальні мережі, месенджери та відеоплатформи дають можливість педагогам ефективно комунікувати з аудиторією, швидко поширювати інформацію та демонструвати свої професійні навички. Відповідно до досліджень, найбільш популярними інструментами є групи в месенджерах, сторінки у соціальних мережах та канали на відеоплатформах [2].

Для дослідження ефективності різних інструментів створення та просування персонального бренду викладача було проведено опитування серед майбутніх педагогів ВСП «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки Українського державного університету науки і технологій».

Аналіз відповідей дозволив визначити найпопулярніші платформи та засоби комунікації:

- Групи (чати) в месенджерах (Viber, Telegram тощо) – 69% (29 респондентів) вважають цей інструмент корисним для просування.
- Сторінки та групи в соціальних мережах (Facebook, Instagram тощо) – 64,3% – (27 учасників опитування) використовують ці платформи для просування власного бренду в освітньому середовищі.
- Канали на відеоплатформах (YouTube, TikTok тощо) – 52,4% (22 здобувача освіти) зазначають, що ці платформи дозволяють досягти високої взаємодії з аудиторією.
- Персональний сайт або блог – 45,2% (19 респондентів) вважають ці інструменти корисними для формування і просування власного іміджу та досягнень.

Результати дослідження демонструють, що на думку учасників анкетування найбільш ефективними інструментами для просування персонального бренду педагога є інтерактивні платформи, що забезпечують швидкий обмін інформацією та взаємодію з аудиторією. Месенджери та соціальні мережі надають можливості високого рівня залученості та оперативності комунікації, що дозволяє педагогу активно підтримувати і просувати свій бренд. Важливим є також використання відеоплатформ, які забезпечують можливості для візуального контенту і можуть підвищити ідентифікацію педагога серед широкої аудиторії.

Література:

1. Микитенко Т. І. Персональний бренд педагога як інструмент професійного розвитку в цифровому суспільстві: монографія. Харків, 2022. 180 с.
2. Петренко О. В. Інструменти просування персонального бренду в освіті: монографія. Київ, 2021. 250 с.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ ВІДОБРАЖЕННЯ В ПРОФЕСІЙНІЙ ОСВІТІ

Овсієнко Д. О., здобувач освіти гр. ПТ-23-1/11, Садовенко С. Г., докторка філософії
Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки Українського державного університету науки і технологій»

З початку індустріальної революції й донині транспортні технології чинять значний негативний вплив на екологічний стан та здоров'я населення. Цей вплив проявляється не лише у викидах автотранспортних засобів, але й у шумовому та світловому забрудненні, забрудненні ґрунтів, а також є чинником розвитку різноманітних захворювань. Окрім того, стрімке зростання обсягів транспортування зумовило необхідність розширення площі дорожнього покриття та автостоянок, що призвело до додаткового антропогенного навантаження на екологічні системи як поза межами населених пунктів, так і в їх межах, та збільшило площі забудованих територій. Автомобільний транспорт є домінуючим джерелом забруднення атмосферного повітря міських і сільських поселень. Вагомим фактором також слід визначити значну ресурсомісткість автомобільного транспорту, що містить витрати на виробництво та обслуговування транспортних засобів, функціонування промислових підприємств, орієнтованих на забезпечення транспортної галузі енергетичними та паливно-мастильними матеріалами, які також є джерелами забруднення навколишнього середовища.

У науковому дискурсі є беззаперечним твердження про неможливість відмови від транспортних технологій, оскільки автомобільна промисловість становить фундаментальну основу функціонування суспільства та світової економіки. Водночас, актуалізується необхідність оптимізації та мінімізації негативного впливу галузі на довкілля. Відзначається значна потреба у поглибленні екологічної свідомості як у системі професійної освіти, так і в суспільстві загалом. Тема екологічних аспектів транспортних технологій набуває особливої значущості, що підтверджується дослідженнями таких науковців, як С. Д. Рудишин, Г. В. Анісімова, І. В. Завгородній та ін. [2].

Підвищення рівня екологічної освіченості сприяє формуванню ціннісних орієнтирів та усвідомленню місця людини в контексті техносфери та біосфери. В українській системі вищої професійної освіти зазначена тенденція знаходить своє відображення як у запровадженні окремих дисциплін екологічного спрямування, так і в інтеграції відповідних елементів до технічних навчальних курсів, що базуються на формуванні та розвитку компетентностей у сфері екологічної безпеки. У процесі опанування цих курсів здобувачі освіти засвоюють принципи загальної та глобальної екології, концепції сталого розвитку, а також перспективи та методи впровадження екологічних аспектів у професійну діяльність та повсякденне життя [1].

Прикладом застосування означеного підходу до екологічної освіти слугує експериментальне дослідження, проведене у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» протягом 2020-2021 років. В рамках даного експерименту, ґрунтуючись на наукових матеріалах ЮНЕСКО, здобувачам освіти було надано інформацію стосовно сталого розвитку та актуальних екологічних проблем. Результати опитування, проведеного після завершення експерименту, засвідчили статистично значуще підвищення рівня знань здобувачів освіти з досліджуваної проблематики [3].

Іншим показовим прикладом практичної імплементації екологічної освіти є досвід Каразінського навчально-наукового інституту екології та кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти. Зазначений інститут активно залучений до науково-освітніх проєктів у співпраці з міжнародними партнерами, що підтверджується їхньою участю у програмах Темпус, Еразмус+, Модуль Жана Моне, Програми Британської ради та інших [1].

Узагальнюючи наведені приклади, можна констатувати, що важливість екологічних аспектів отримує належну оцінку та знаходить відображення у конкретних діях, спрямованих на підвищення екологічної свідомості. Зазначена тематика активно досліджується та інтегрується до навчальних курсів закладів вищої освіти в Україні, демонструючи успішні практики реалізації. Крім того, спостерігається плідна взаємодія вітчизняних освітніх установ з міжнародними організаціями та науковими проєктами, що свідчить про інтеграцію української екологічної освіти у світовий науково-освітній простір.

Література:

1. Баландюх Ю. Я., Барабаш О. В., Архипова Л. М та ін. Екологічна безпека – сучасні напрямки та перспективи вищої освіти. Тези І Міжнародної інтернет-конференції. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2021. С. 1–155. URL: <https://ecology.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/03/ekol-bezp-zbirnik-tez2021.pdf> (дата звернення 09.04.2025)
2. Винник І. Е., Лежнева О. І., Дорожко Є. В., Вакуленко К. Є., Соколова Н.А., Афанасьєва І.А. Екологічні аспекти автотранспортного комплексу. Монографія. Харків. 2020. С. 3–6. URL: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/81b34d4a-b7f3-4c00-b4b9-ba1c22a3dd79/content> (дата звернення 10.04.2025)
3. Lytovchenko I., Yamshynska N., Kutsenok N., Filatova V. Teaching Sustainability Online to University Students with the Use of Interactive Presentation Tools: A Case Study. Journal «Advanced Education». n.17. 2021. P. 11–18. URL: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1305790.pdf> (дата звернення 06.04 2025)

LMS MOODLE ЯК ІНСТРУМЕНТ ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ

Бажміна Е.А., доцент, доктор філософії

Національний університет «Запорізька політехніка»

В умовах сучасних викликів, пов'язаних з інформатизацією освіти та необхідністю адаптації до індивідуальних потреб студентів при дистанційному навчанні, системи управління навчанням (LMS - Learning Management System) набувають особливої значущості. У закладах вищої освіти України широкого поширення набула платформа Moodle як система управління навчанням, що забезпечує гнучкість та різноманітні інструменти для персоналізації навчання.

Персоналізація навчання, як педагогічний підхід, передбачає врахування індивідуальних особливостей кожного студента, таких як темп навчання, рівень підготовки, когнітивні здібності, інтереси та потреби. Метою персоналізованого навчання є створення оптимальних умов для розвитку потенціалу здобувача освіти, підвищення його мотивації та досягнення високих навчальних результатів.

Moodle надає значні можливості для реалізації принципів персоналізації навчання. Однією з ключових функцій є можливість створення індивідуальних навчальних планів, які можуть враховувати попередні знання студентів, їхні цілі та темп навчання. Викладачі можуть використовувати Moodle для розробки диференційованих завдань, що відповідають різним рівням складності та потребам здобувачів. Це дозволяє студентам працювати у власному темпі та зосереджуватися на тих аспектах навчального матеріалу, які є для них найактуальнішими.

Важливим інструментом персоналізації в Moodle є можливість використання різноманітних навчальних ресурсів та видів діяльності. Платформа підтримує інтеграцію текстів, відео, аудіо, презентацій, інтерактивних вправ, тестів, форумів і інших засобів навчання. Педагоги можуть комбінувати ці ресурси таким чином, щоб забезпечити мультимодальне навчання, яке враховує когнітивні здібності та спроможність здобувачів вищої освіти. Наприклад, візуали можуть ефективніше засвоювати інформацію через відео та графічні матеріали, тоді як аудіали – через аудіолекції та дискусії. Кінестетики можуть краще навчатися через практичні завдання та симуляції.

Moodle також надає інструменти для адаптивного оцінювання, що є важливою складовою персоналізованого навчання. За допомогою тестів та опитувань викладачі швидко отримують інформацію про рівень засвоєння матеріалу кожним студентом та коригують навчальний процес відповідно до цих даних. Функція умовного доступу дозволяє налаштовувати послідовність проходження матеріалу, надаючи доступ до складніших завдань лише після успішного виконання попередніх. Це забезпечує індивідуальний темп навчання та запобігає перевантаженню здобувачів.

Комунікаційні інструменти Moodle, такі як форуми, чати та повідомлення, сприяють активній взаємодії між студентами та викладачами. Це створює сприятливе навчальне середовище, в якому здобувач отримує індивідуальну підтримку та зворотний зв'язок. Ці інструменти використовують для надання індивідуальних консультацій, відповідей на запитання та моніторинг прогресу освітнього процесу.

Однак, ефективне використання Moodle для персоналізації навчання вимагає від викладачів не лише технічних навичок, але й глибокого розуміння педагогічних принципів. Важливо не просто використовувати інструменти Moodle, а й ретельно планувати навчальний процес, враховуючи індивідуальні потреби здобувачів та цілі навчання. Це передбачає розробку різноманітних навчальних сценаріїв, створення якісного навчального контенту та активне залучення студентів до навчальної діяльності.

Успішне впровадження Moodle для персоналізації навчання також потребує підтримки з боку адміністрації навчального закладу. Необхідна належна технічна підтримка, навчання викладачів та створення сприятливих умов для використання платформи. Важливим є також постійний моніторинг та оцінка ефективності використання Moodle для персоналізації навчання з метою подальшого вдосконалення навчального процесу.

Отже, LMS Moodle є потужним інструментом для реалізації персоналізованого навчання. Її гнучкість та широкий спектр функціональних можливостей сприяють створенню викладачами університету індивідуалізованого навчального середовища, враховуючи потреби здобувачів освіти. Проте, ефективне використання Moodle вимагає від викладачів технічних навичок, глибокого розуміння педагогічних принципів та активної підтримки з боку адміністрації навчального закладу. Подальші дослідження в цій галузі можуть бути спрямовані на розробку більш ефективних стратегій використання Moodle для персоналізації навчання, а також на вивчення впливу цієї технології на мотивацію, навчальні досягнення та загальний розвиток студентів.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ПРОГРАМИ ПОДОЛАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО СТРЕСУ У ПРАЦІВНИКІВ СФЕРИ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор, Мальнев А.С., здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності Психологія

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

У сучасних умовах працівники сфери обслуговування стикаються з численними стресогенними чинниками: високі емоційні навантаження, взаємодія з клієнтами, нестабільність робочого середовища, особливо в умовах, викликаних подіями останніх років. Ці фактори сприяють розвитку професійного стресу та емоційного вигорання, що негативно впливає на ефективність праці та психічне здоров'я працівників. Важливою є необхідністю вивчення соціально-психологічних механізмів подолання професійного стресу для розробки ефективних стратегій підтримки працівників сфери обслуговування.

Актуальність розробки й впровадження системних заходів для запобігання професійному стресу серед працівників організацій обґрунтовується зростанням емоційних та інформаційних навантажень, а також підвищеними вимогами до психологічної стійкості персоналу. Як зазначають сучасні науковці (Л. Карамушка, Є. Потапчук, М. Ткалич) [2], ефективна система психопрофілактики має охоплювати як індивідуальний рівень, так і колективні інтервенції.

Дослідники виділяють: проведення просвітницьких лекцій, розробку рекомендацій щодо поведінки, що сприятиме збереженню здоров'я, організацію семінарів, психологічних практик та спеціалізованих тренінгів з подолання стресових станів.

У контексті збереження психічного здоров'я й оптимізації розвитку людського капіталу організацій, науковці підкреслюють доцільність інтеграції програм профілактики професійного стресу та вигорання у систему управління персоналом і моделі професійного розвитку співробітників. Такі програми мають розглядатися не як допоміжні, а як стратегічні інструменти забезпечення сталого функціонування організації.

Профілактика проявів професійного стресу ґрунтується на розвитку здатності до саморегуляції та гнучкого реагування на зміну професійних умов. Це включає опанування навичок раціонального розподілу професійного навантаження, здатності оперативно перемикатися між видами діяльності, конструктивного врегулювання міжособистісних конфліктів, а також постійного оновлення професійних знань та практик шляхом самоосвіти і стажування.

Особливе значення у збереженні професійного здоров'я працівників відіграє сформованість навичок ефективного поєднання між професійною та особистою сферами життя. Дослідники підкреслюють, що втрата балансу між роботою й особистісним простором, особливо за умов високої професійної залученості, спричиняє хронічне перенавантаження, емоційне виснаження та ризик розвитку синдрому вигорання.

Таким чином, наукові підходи, запропоновані українськими дослідниками, формують методологічне підґрунтя для комплексного підходу до профілактики професійного стресу в системі соціономічних напрямів професійної діяльності.

З огляду на зазначені теоретичні положення, нами було проведене емпіричне дослідження, спрямоване на вивчення соціально-психологічних механізмів подолання професійного стресу серед працівників сфери обслуговування. Використовувалися такі методи дослідження: анкетування, психодіагностичні методики, інтерв'ю. Вибірка складалася з працівників сфери обслуговування різних регіонів України. Аналіз даних проводився з використанням статистичних методів. Вивчались рівень стресу, сформовані копінг-стратегії та соціальна підтримка у працівників сфери обслуговування.

Отримані результати засвідчили, що ефективними механізмами подолання професійного стресу є:

- напрацювання копінг-стратегій, спрямованих на вирішення проблеми та емоційну регуляцію;
- розробка програм зміцнення соціальної підтримки з боку колег та керівництва, які знижують рівень стресу та підвищують мотивацію до праці;
- розвиток професійної ідентичності, що сприяє формуванню позитивного ставлення до професійної діяльності та підвищує стресостійкість.

Ці висновки підтверджують результати інших досліджень, які підкреслюють важливість напрацювання ефективних механізмів подолання професійного стресу.

Отримані дані свідчать про необхідність впровадження програми соціально-психологічного супроводу подолання наслідків професійного стресу для працівників сфери обслуговування, яка включає розвиток ефективних копінг-стратегій, зміцнення соціальної підтримки та формування професійної ідентичності.

Професійний стрес у працівників сфери обслуговування є актуальною проблемою, що потребує комплексного підходу до її вирішення. Соціально-психологічні механізми, такі як ефективні копінг-стратегії, соціальна підтримка та професійна ідентичність, відіграють ключову роль у подоланні стресу. Розробка та впровадження програм психологічної підтримки з урахуванням цих механізмів сприятиме підвищенню стресостійкості працівників та покращенню якості їхньої професійної діяльності.

Література

1. Авраменко М., Корольчук М., Корольчук В. Психологічні стратегії подолання професійного стресу у фахівців // Вісник Національного університету оборони України. - 2021. - № 62(4). - С. 5-16. - DOI: 10.33099/2617-6858-2021-62-4-5-16.
2. Карамушка Л.М. Соціальна напруженість в організації: сутність, підходи до вивчення, основні види / Л.М. Карамушка // Актуальні проблеми психології : зб. наук. праць Ін-ту психології імені Г.С. Костюка НАПН України. – 2016. – Том I : Організаційна психологія. Економічна психологія. Соціальна психологія. – Вип. 45. – С. 3-11.
3. Перція Л. Психологічні шляхи подолання професійного стресу у працівників ІТ-компаній // Psychology Travelogs. - 2024. - Вип. 1. - С. 91-102. - DOI: 10.31891/PT-2024-1-9.

ПСИХІЧНЕ ЗДОРОВ'Я ЖІНОК ЗРІЛОГО ВІКУ

Шаталюк О.В., здобувачка вищої освіти другого магістерського рівня за спеціальністю «Психологія», Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Згідно з класифікацією Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), вік людини визначається за такими віковими градаціями:

- до 18 років – діти;
- від 18 до 45 років – молодий вік;
- від 45 до 60 років – середній (зрілий) вік;
- від 60 до 75 років – похилий вік;
- від 75 до 90 років – старечий вік;
- 90 і більше років – довгожителі.

Отже, зрілий вік у жінки — це період від 45 до 60 років. Саме тоді її вважають зрілою у медико-соціальному контексті.

Така градація не є суворою медичною нормою й використовується здебільшого в дослідженнях, статистиці та організації охорони здоров'я. У цілях вибору цільової аудиторії нашого дослідження, скористаємося класифікацією ВООЗ.

Зрілий вік для жінки – це період значних життєвих змін, які можуть впливати як на фізичне, так і на психічне здоров'я. У цьому віці жінка часто стикається з викликами,

пов'язаними з сім'єю, кар'єрою, фізіологічними змінами та переосмисленням життєвих цінностей.

Основні чинники, що впливають на психічне здоров'я жінки:

1. Фізіологічна сфера. Ендокринні зміни можуть викликати:

- коливання настрою;
- тривожність або депресивні стани;
- порушення сну;
- зниження самооцінки тощо.

2. Соціальні ролі та стрес. Жінки можуть переживати:

- «синдром порожнього гнізда» (коли діти йдуть з дому);
- збільшене навантаження на роботі або втрату професійної реалізації;
- турботу про літніх батьків;
- в умовах війни ймовірність зміни соціального статусу жінки вища (проживання

втрати у разі загибелі партнера, прийняття статусу «вдова»).

3. Переосмислення життя. Це час, коли багато хто ставить запитання: «Чого я досягла?», «Чого ще хочу?», «Що може сприяти або зростанню особистості, або, у разі відсутності підтримки, емоційним кризам?» [1].

Вікова класифікація ВООЗ враховує вікові групи для оцінки стану здоров'я, у тому числі психічного, соціальних, економічних і демографічних аспектів.

За визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я, психічне здоров'я – це стан добробуту, при якому кожна людина може реалізувати свій власний потенціал та впоратися із життєвими стресами, продуктивно і плідно працювати, а також робити внесок у життя своєї спільноти.

Психологічно здорова людина – це людина, яка відчуває себе гармонійно та має певний резерв сил до подолання складнощів і достатній рівень продуктивності в повсякденному житті.

Вона має насагу розвиватися та допомагати іншим це. Попри труднощі життєвого шляху, має сили до адаптації та гнучкості сприйняття. Гармонія і баланс – одні з найважливіших критеріїв психологічного здорової людини. Але ми маємо пам'ятати, що гармонія з зовнішнім світом та життям починається з гармонії зі самим собою. Коли ми здатні чути власні потреби та бажання, а також шукати та знаходити шляхи їх вирішення.

Варто зазначити, що зрілість — це не тільки про цифри, а й про життєвий досвід, мудрість і глибоке розуміння себе та світу. Ставлення до складових психічного здоров'я із віком стає більш усвідомленим. Жінки у зрілому віці часто більше цінують баланс, внутрішню гармонію, сенс і глибокі людські зв'язки. Це період, коли турбота про ментальне благополуччя набуває пріоритетного значення. ВООЗ визначає 7 складових психічного здоров'я, на яких зосереджуємо увагу у нашому дослідженні. Це:

1. Усвідомлення постійності та ідентичності свого фізичного і психічного «Я».

Якщо людина втрачає відчуття самоідентифікації, сприймає себе не цілісно, не має усвідомлення життя, як єдиного процесу, а лише фрагментарні події – це привід звернути увагу на своє психічне здоров'я.

2. Постійність і однаковість переживань в однотипних ситуаціях. Якщо людина

потрапляє в однакові ситуації, які виводять її з зони комфорту, то має бути чіткий план дій, де б вона почувала себе максимально захищеною.

3. Критичне ставлення до себе і своєї діяльності. Здатність до аналізу свого життя,

своїх дій, докладених зусиль для досягнення певної мети чи цілі. Вміння вибудовувати для себе алгоритми дій та поведінки.

4. Адекватність психічних реакцій впливу середовища. Коли реакція людини

відповідає силі й глибині зовнішнього чинника.

5. Здатність керувати своєю поведінкою відповідно до встановлених норм. Якщо людина намагається себе поводити, протестуючи загальноприйнятими нормами, це говорить про порушення психічного здоров'я (до прикладу, закидати ноги на стіл в громадських місцях).

6. Планування власної життєдіяльності та її реалізації. Планування свого режиму дня, роботи та мати сили й ресурс дотримуватися цього графіку.

7. Здатність змінювати свою поведінку залежно від зміни життєвих обставин. Гнучкість психіки людини говорить про її ресурсність та адаптивні можливості [2]. В умовах викликів сьогодення підтримувати у балансі складові психічного здоров'я є надскладною задачею.

Отже, саме в період від 45 до 60 років відбуваються значні фізіологічні та соціальні зміни жінки, які можуть істотно вплинути на емоційний стан та психічне благополуччя. Менопауза, переосмислення життєвих цілей, зміна соціальних ролей, воєнні дії та їх наслідки створює потребу в особливій увазі до ментального здоров'я та психологічної підтримки жінки.

Література

1. Данко Р. «Здорове» життя жінок у різні вікові періоди. Вебсайт : Департамент охорони здоров'я Полтавської обласної державної адміністрації. 27.05.2021. URL: <http://uoz.gov.ua/2021/05/27/%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5-%D0%B6%D0%B8%D1%82%D1%82%D1%8F-%D0%B6%D1%96%D0%BD%D0%BE%D0%BA-%D1%83-%D1%80%D1%96%D0%B7%D0%BD%D1%96-%D0%B2%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%96-%D0%BF/>. Дата звернення 15.04.2025.

2. Що важливо знати про психічне здоров'я? Вебсайт : «Центр громадського здоров'я МОЗ України». 24.05.2023. URL: <https://phc.org.ua/news/scho-vazhливо-znati-pro-psikhichne-zdorovya>. Дата звернення: 15.04.2025.

ПСИХОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ПІДТРИМУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА У ЗАКЛАДІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор, Моргунова К.С., здобувачка вищої освіти першого бакалаврського рівня за спеціальністю Психологія

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Підтримуюче середовище у закладі вищої освіти є актуальним питанням у сучасному вимірі. Освітній процес безупинно трансформується і потребує нових вимог. Відбувається зростання певних викликів. Наприклад, адаптація студентської молоді в університеті, налагодження міжособистісної комунікації у групі, набуття нових знань, навичок тощо. Створення підтримуючої атмосфери залежить від кожного учасника освітнього процесу, як від викладачів, так і від студентів. Зокрема, університет є простором для думаючих людей. Тому, емпатія, довіра, підтримка, повага і ефективна комунікація є передумовою для створення позитивного психологічного клімату у ЗВО.

Постійна трансформація освіти є необхідною умовою сьогодення. Цей процес зумовлюється вимогами сучасного суспільства. Як наголошують науковці-педагоги, новою парадигмою є «інноваційна освіта», яка спрямована на збереження і розвиток творчих здібностей у особистості (С.Г. Немченко, В.В. Крижко, О.С. Боднар, В.В. Радул, О.М. Старокожко, Ю.І. Кондратенко, 2022).

Слід підкреслити, що психологічно комфортна атмосфера трактується як привітне, безпечне та підтримуюче середовище, у якому поважають кожного учасника освітнього

процесу. Ключові елементи підтримуючого середовища: доброзичливість, справедливість, турбота, ненасильницьке спілкування тощо (І. Новик, В. Мельничук, 2022).

Також, важливо сказати про те, що наразі народ України переживає важкі часи унаслідок війни. Багато громадян вимушено стали внутрішньо переміщеними особами. У цьому контексті потрібно наголосити про важливість інклюзивної освіти, яка надає рівний доступ до якісної освіти, враховуючи при цьому індивідуальні потреби кожного студента (М.А. Порошенко, 2019).

Розглядаючи освітній процес, варто згадати підхід італійської лікарки, педагогині, філософині та освітянки Марії Монтессорі. Педагогічні методи, які М. Монтессорі розробила у XX столітті, є актуальними у сучасному вимірі. Аналізуючи освіту сьогодення, підхід Марії Монтессорі особливо наголошує на потребі щодо інклюзивної освіти, самостійності навчання і повазі між учасниками освітнього процесу. Таким чином, це є важливими чинниками для демократичної освіти (А. Дурдас, 2024).

Насамперед, М. Монтессорі приділяла особливу увагу гуманізації освітньої стратегії і важливості особистості у цьому процесі. Ідеї педагогині є актуальними у сучасному світі, тому що узгоджуються з демократичними та гуманістичними принципами. Зокрема, італійські науковці зазначають, що М. Монтессорі істотно вплинула на освітнє середовище у національному та міжнародному вимірі (А. Дурдас, 2024).

Варто сказати про те, що Україна рухається в напрямку європейської інтеграції. Доцільно зазначити про демократичні принципи, які успішно втілюються у освітньому просторі в Україні. У роботах американського педагога і філософа Джона Д'юї істотно представлені демократичні концепції світової освіти (В.В. Рибалка, 2019).

Слід зазначити систему вищої освіти Великої Британії, яка має високий рівень автономії (М.І. Гагарін, 2017). Це виявляється у формуванні навчальних методів, курсів і програм. Насамперед, британська кваліфікація, яку студенти отримують після навчання, у світовій спільноті визнається найкращою. Зокрема, майбутнє студента залежить від самостійного вдосконалення і практики у сфері професійної діяльності (С.О. Сисоева, Т.Є. Кристопчук, 2012).

Освітнє середовище є не винятком у виникненні конфліктних ситуацій, які є певним бар'єром у створенні підтримуючого середовища у закладах вищої освіти. Конфлікт – це розбіжність інтересів і суперечливість поглядів між двома або більше сторонами, що супроводжується негативними емоційними переживаннями (С.О. Гарькавець, 2020).

Наприклад, за концепцією Томаса-Кілмена існує 5 стратегій поведінки у конфліктній ситуації: суперництво, співпраця, компроміс, уникнення і пристосування. Використання кожної стратегії є доцільним в залежності від ситуації і поведінки людини (О.М. Миронова, О.В. Мазоренко, 2011).

Психологічна наука володіє великим практичним інструментарієм для вирішення конфліктів. Наприклад, одним із найефективніших методів вирішення конфліктів є медіація. Цей термін визначається як врегулювання конфлікту і налагодженні комунікації між сторонами за допомогою посередника (медіатора) (Б. Леко, Г. Чуйко, 2014). Розглядаючи освітнє середовище, медіація є ефективним інструментом для вирішення конфліктів. Варто сказати про університетський центр медіації СНУ ім. В. Даля, який виконує велику кількість завдань. Серед яких: розширення знань і навичок, формування нових компетентностей, науково-дослідницька робота, запобігання конфліктів серед студентів і багато інших завдань (СНУ ім. В. Даля, 2019).

Не менш важливою є міжособистісна комунікація і продуктивна взаємодія у студентській групі. Слід зазначити, метод «рівний-рівному» – передача інформації, знань від одного студента до іншого. У даному випадку у ролі викладача є саме студент. Така взаємодія підвищує активність у навчанні і сприяє продуктивній взаємодії між студентами.

Метод «рівний-рівному» впливає на розвиток критичного мислення і істотно покращує результати навчання (Л.А. Боднар, Л.В. Животовська, А.М. Скрипніков, Д.І. Бойко, А.К. Вородюхіна, В.А Боднар, 2023-2024).

Важливо сказати про те, що позитивна атмосфера у студентській групі є важливим компонентом у створенні підтримуючого середовища. Для цієї мети можна виділити наступні засоби: слухати одне одного, уникати оціночного ставлення, співпереживати, ставитися з розумінням тощо (О.М, Коваленко).

У контексті підтримуючого середовища, варто зазначити асертивну поведінку. Даний термін трактується як вміння відстоювати власну точку зору та інтереси, але без порушення моральних прав іншої людини. Асертивна поведінка гармонійно поєднує в собі особистісні якості, завдяки яким людина має чітку позицію, сформований світогляд і позитивну спрямованість (С.Г. Немченко, В.В. Крижко, О.С. Боднар, В.В. Радул, О.М. Старокожко, Ю.І. Кондратенко, 2022).

Також, потрібно наголосити про поняття толерантності. У демократичному суспільстві саме толерантність є необхідним і важливим явищем. Однією із важливих умов для узгодження інтересів і подолання конфліктів є саме толерантність (А.О. Молчанова, 2013).

У створенні підтримуючого середовища у закладі вищої освіти ключову роль відіграє емоційний інтелект. Деніел Гоулман зауважив на тому, що ті люди, які вміють аналізувати і опановувати свої почуття, є емоційно сприйнятливими. Зокрема, якщо у людини є здатність розуміти почуття інших людей і гнучкість у особистісній взаємодії, така людина завжди буде мати краще положення у суспільстві (Д. Гоулман, 2016). П'ять ключових факторів емоційного інтелекту: розуміння своїх емоцій, вміння керувати емоціями, здатність до самомотивації, розуміння почуттів інших людей, вміння підтримувати стосунки (Д. Гоулман, 2016).

Американський психолог Г. Олпорт визначив певні якості особистості, які потрібні для того, щоб добре розуміти людей: інтелект, досвід, самопізнання, схожість, багатогранність, відстороненість, естетична чутливість і соціальний інтелект. На думку Г. Олпорта, саме соціальний інтелект є унікальним мистецтвом, яке допомагає підтримувати рівність у людських стосунках. Також, соціальний інтелект – вміння адекватно оцінювати людей, передбачати їх дії і правильно обирати поведінку згідно обставин (Н. А, Басюк, 2024).

Підводячи підсумки, можна сказати, що українська освіта активно трансформується і підлаштовується під вимоги сучасного суспільства. Підтримуюче середовище у закладі вищої освіти є необхідним і важливим для кожного учасника освітнього процесу. Позитивний психологічний клімат в університеті є передумовою успішного навчання, а також продуктивної взаємодії між викладачами і студентами. Створення підтримуючого середовища залежить від активної залученості кожного учасника освітнього процесу.

Література:

1. Дурдас А. Освітні та виховні ідеї Марії Монтессорі: Італійські вчені про їх актуальність у сучасних умовах. Освітологія, К.: No 13, 2024.
2. Басюк Н. А. Емоційний інтелект і психічне здоров'я учасників освітнього процесу : навчальний посібник. Житомир, 2024. 140 с. – 108 с.
3. Боднар Л. А., Животовська Л.В., Скрипніков А.М., Бойко Д.І., Вородюхіна А.К., Боднар В.А. Перспективи застосування методу «рівний-рівному» у закладах вищої медикої освіти. Психолого-педагогічні аспекти запровадження європейських стандартів в освіті – 219 с.

4. Вісник психології і педагогіки. Реферат аспіранта НПУ ім. Драгоманова. Автор Коваленко Оксана Миколаївна. Структура взаємин у студентській академічній групі, як показник її згуртованості. Режим доступу: <https://surl.li/wuivcr> (дата звернення: 27.03.2025).

ПОСТТРАВМАТИЧНЕ ЗРОСТАННЯ ЯК ЗАПОРУКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ОСОБИСТОСТІ

Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор, Холодова С.Г., здобувачка вищої освіти першого бакалаврського рівня за спеціальністю Психологія

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Посттравматичне зростання (ПТЗ) — це досвід позитивних змін, які виникають у результаті боротьби з важкими життєвими кризами. Унікальність цього феномену полягає в тому, що розвиток особистості перевищує свій попередній рівень після переживання травми. Це не просто повернення до базового стану, а якісне вдосконалення у важливих для людини сферах життя.

Варто сказати про те, що проблема психологічної травми та її наслідків набувають особливої актуальності в сучасному світі, зокрема в Україні, де військові дії призвели до значного поширення травматичного досвіду серед населення. Традиційно увага фахівців зосереджувалася на негативних наслідках травми, таких як посттравматичний стресовий розлад. Проте останніми десятиліттями з'явився альтернативний погляд, який фокусується на феномені посттравматичного зростання – позитивних психологічних змінах, що можуть виникати внаслідок переживання травматичних подій.

Важливо підкреслити, що в контексті війни в Україні розуміння механізмів посттравматичного зростання стає критично важливим для ефективної психологічної допомоги та реабілітації постраждалих.

Посттравматичне зростання представляє собою парадигму, яка фокусується не лише на негативних наслідках травми, а й на позитивних психологічних змінах, що можуть виникнути в результаті боротьби з травматичними подіями. Цей підхід дозволяє поглянути на психологічну травму з іншого боку, розглядаючи її не тільки як випробування, але й як можливість для особистісного зростання та розвитку [1].

Посттравматичне зростання фундаментально трансформує наше розуміння травми, спростовуючи переконання, що травматичний досвід неминуче призводить до порушення нормального функціонування особистості.

Треба зауважити, що ідея про те, що страждання може призводити до позитивних змін, має давні філософські та релігійні корені. Ця тема простежується в християнстві, ісламі, буддизмі, індуїзмі, а також у філософії А. Шопенгауера, С. К'єркегора, Ф. Ніцше. Однак систематичні наукові дослідження цього феномену почалися лише наприкінці ХХ століття [3].

У 1990-х роках С. Джозеф, працюючи під керівництвом В. Юле та Р. Вільямс, вивчав постраждалих від катастрофи Herald of Free Enterprise (1987) і виявив, що у 43% осіб погляди на життя змінилися на краще, незважаючи на пережиту травму. Це дослідження стало поштовхом для подальшого вивчення позитивних наслідків травматичного досвіду.

Необхідно зазначити, що сам термін «посттравматичне зростання» був запропонований у 1996 році Р. Тедескі та Л. Калхуном, які визначили його як «позитивні психологічні зміни, що виникають у результаті боротьби з травмою або дуже складними (кризовими) ситуаціями». До цього для позначення подібних явищ використовувалися різні терміни: «сприйнята вигода», «позитивні аспекти», «трансформація травми», «зростання, пов'язане зі стресом», «розцвітання», «позитивні психологічні зміни», «передбачувані переваги», «позитивна реінтерпретація», «черпання сил з труднощів» та інші [2].

Насамперед, посттравматичне зростання – це не просто повернення до попереднього стану функціонування після травми, а якісний стрибок у розвитку особистості. Р. Тедескі та Л. Калхун підкреслюють, що люди, які пережили посттравматичне зростання, досягають рівня розвитку, який перевищує той, що був до травматичного досвіду.

Треба зазначити, що на основі численних досліджень було виділено п'ять основних вимірів посттравматичного зростання. За моделлю Р. Тедескі та Л. Калхуна, це: ставлення до інших (поглиблення стосунків, більша емпатія); нові можливості (відкриття нових шляхів та перспектив); особистісна сила (відчуття власної витривалості, стійкості); духовні зміни (поглиблення духовного життя, переосмислення філософських питань); цінування життя (зростання вдячності, зміна пріоритетів) [3].

С. Джозеф пропонує дещо іншу класифікацію, виділяючи три виміри посттравматичного зростання: зміни у стосунках (поглиблення відносин, більше цінування близьких, зростання емпатії); зміни в сприйнятті себе (відчуття власної сили і стійкості, зростання впевненості); зміни в життєвій філософії (переоцінка цінностей, почуття вдячності за кожен день).

Варто сказати, що посттравматичне зростання позитивно впливає як на фізичне, так і на психічне здоров'я. Дослідження Дж. Аффлека виявили нижчий рівень смертності серед пацієнтів після серцевого нападу, які змогли винести позитивний досвід із своєї хвороби. Е. Епель встановили зв'язок між високими показниками за шкалами посттравматичного зростання та швидшою габітуацією кортизолу при реагуванні на стресор.

Дослідження Дж. Бовер виявили, що у людей з ВІЛ, які когнітивно опрацьовують свою ситуацію у напрямку наповнення її смыслом, спостерігається повільніше зниження рівня Т-лімфоцитів. Е. Морріл зазначає, що у психологічній сфері посттравматичне зростання пов'язане з меншим рівнем депресії, зниженням симптомів ПТСР та покращенням загальної адаптації після травми.

Розуміння феномену посттравматичного зростання має важливе значення для практичної психології та психотерапії. Хоча ПТЗ не можна «викликати» штучно, психологи і психотерапевти можуть створювати умови, які сприяють його виникненню.

Слід підкреслити, що Т. Зеллер і А. Меркер вважають, що психотерапевтичні інтервенції самі по собі можуть бути механізмами, які сприяють зростанню. Психотерапія травми, спрямована на опрацювання травматичних спогадів і перетворення їх на наратив, водночас сприяє переосмисленню картини світу, що є ключовим аспектом посттравматичного зростання.

Також слід зазначити, що дослідники Л. Калхун та Р. Тедескі пропонують такі рекомендації: розглядати зростання як результат боротьби людини з наслідками травми, а не як наслідок самої травми; бути свідомим потенціалу до зростання, але не очікувати, що воно обов'язково станеться; не "призначати" клієнтам зростання і не змушувати їх думати, що вони зобов'язані зростати; уважно слухати і помічати ознаки зростання, коли вони з'являються; не зосереджуватися лише на патології, щоб не пропустити позитивні зміни; емпатійно віддзеркалювати ознаки позитивних змін, щоб допомогти клієнту помітити й інші позитивні зміни [1].

Цілісний підхід до сприяння посттравматичному зростанню пропонує С. Джозеф у своїй THRIVE-моделі, яка включає такі етапи: Taking stock (інвентаризація) -забезпечення безпеки та навчання справлятися з посттравматичним стресом; Harvesting hope (збір врожаю надії) - формування надії на майбутнє; Re-authoring (ре-авторизація) - переписування свого досвіду через створення історій; Identifying change (ідентифікація змін) - помічання посттравматичного зростання; Valuing change (ціннісні зміни) - розвиток впевненості в нових пріоритетах; Expressing change in action (дієві прояви змін) - пошук способів перенести посттравматичне зростання у зовнішній світ [3].

Отже, посттравматичне зростання є важливим феноменом, який дозволяє розглядати психологічну травму не лише як виклик, але й як можливість для особистісного розвитку. Цей підхід не заперечує страждання, пов'язані з травмою, але звертає увагу на потенціал людини до зцілення та зростання. Врахування можливості посттравматичного зростання у роботі з травмою дозволяє психологам та психотерапевтам сприяти не лише подоланню негативних наслідків травми, але й розвитку особистості клієнта, досягненню ним мудрості та більшого цінування життя й стосунків.

Література:

1. Климчук В. О. Посттравматичне зростання та як можна йому сприяти у психотерапії. Наука і освіта. 2016. № 5. С. 46-51.
2. Рибак О.С. Поняття посттравматичного зростання в позитивній психології. Psychological Journal. 2022. Т. 8, Вип. 4. С. 69-75.
3. Климчук В. О. Психологія посттравматичного зростання. Національна академія педагогічних наук України, Інститут соціальної та політичної психології. – Кропивницький : Імекс-ЛТД, 2020. 125 с.

ФЕНОМЕН СТРЕСОСТІЙКІСТІ В УМОВАХ СУСПІЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Шевченко О.А., здобувачка вищої освіти другого магістерського рівня за спеціальністю «Психологія», Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Сучасне суспільство характеризується постійними змінами, які часом набувають масштабу трансформаційних криз – економічних, політичних, військових чи екологічних. У таких умовах особливо гостро постає питання психологічної стійкості індивіда перед стресом. Одним з ключових факторів успішної адаптації особистості до соціальної реальності, що змінюється, виступає стресостійкість – здатність справлятися з труднощами, зберігаючи продуктивність, внутрішню рівновагу і спрямованість на цілі.

Розширення сфери діяльності, що часто відбувається в умовах психологічної напруги, що надає дестабілізуючу дію на індивіда, привернула увагу дослідників до проблеми стресостійкості. Даний аспект проблеми стає дедалі міждисциплінарнішим, поєднуючи компоненти з різних галузей психологічної науки, як-от загальна і диференціальна психологія, психологія особистості, психологія праці, психофізіологія та інші. При аналізі феноменології стресу дослідники виділяють поняття стійкості до стресів [1, с.15].

Стресостійкість включає ряд ключових характеристик: внутрішній локус контролю, емоційну стабільність, когнітивну гнучкість, здатність до прийняття невизначеності, розвинені навички саморегуляції і позитивний світогляд. Зазначені якості дозволяють особистості зберігати внутрішню рівновагу навіть в умовах нестабільності та невизначеності, знаходити ресурси для адаптації та особистісного зростання. Погляди психологів єдині у цьому, що стресостійкість, здебільшого, є індивідуальною характеристикою людини, яка потрібна для підтримки його нормальної працездатності. Вона розглядається як ключовий фактор, що дозволяє організму пристосовуватися до екстремальних умов довкілля та суспільства, сприяє успішній самореалізації, досягненню життєвих цілей, а також має важливу роль для підтримки здоров'я та працездатності.

У своїх наукових дослідженнях вчені розглядають особливості розвитку стресостійкості особистості через виявлення ресурсів, які сприяють подоланню негативних наслідків стресогенних факторів. Вони визначають високий рівень стресостійкості через здатність особистості активно протистояти стресам, досягати позитивного психічного стану, саморозвитку та отримувати успіхи в професійній та повсякденній діяльності. Зокрема, у 1962 році в англійському словнику вперше з'явилося поняття «копінг» – як психологічна стратегія та спосіб подолання стресу [2, с.14].

Для розуміння стійкості до стресів має значення категорія нерівноважних станів, пов'язаних з підвищеною психічною активністю особистості. Такий вид психічних станів має дві основні характеристики: низьку стійкість у часі та невелику кількість параметрів системи.

Тривалість переживання людиною нерівноважного стану залежить від модальності, що приписується їй. Стани з високим енергетичним компонентом (гнів, лють та ін.), як правило, короточасні. Стани з низьким енергетичним рівнем (сум, горе, субдепресія та ін.) можуть бути тривалими, і саме вони вимагають розвинених здібностей до саморегуляції. У звичному житті нерівноважна ситуація часто викликана розривом звичної системи відносин, втратою значних цінностей тощо.

Важливою особливістю визначення суб'єктом ситуації як важкою та загрозовою є той зміст, яким наділяє його особистість. Надання сенсу важкому стану, що переживається, обумовлює суб'єктивну упередженість, гіпертрофовану оцінку значущості ситуації, зосередження на обставинах, факторах, які вносять основний дезорганізуючий вплив. Психічні стани координують стан мотиваційної, емоційної та вольової сфер, сфери ціннісних орієнтацій особистості, чим підкреслюється системний зв'язок психічних станів та індивідуально-типологічних особливостей, активності людини [2, с.14].

Суспільні перетворення часто супроводжуються різкими змінами за умов життя: втратою стабільності, доходу, житла, соціальних зв'язків. Особливо це стосується вимушено переміщених осіб, учасників чи свідків воєнних конфліктів, а також людей, які опинилися в умовах безробіття чи соціальної ізоляції. Виникає так званий «трансформаційний стрес», що включає елементи екзистенційної тривоги, почуття втрати контролю над життям і дезорієнтації в майбутньому. Люди, які мають високу стресостійкість, виявляють активні копінг-стратегії, вміють раціонально аналізувати те, що відбувається, мобілізують внутрішні та зовнішні ресурси, ефективно справляються з тривогою, страхом і невизначеністю. Вони частіше зберігають або відновлюють соціальні зв'язки, підтримують фізичне та ментальне здоров'я, прагнуть включення до нової спільноти та відновлення відчуття контролю над життям. Низький рівень стресостійкості, навпаки, призводить до дезадаптації, розвитку депресивних та тривожних станів, агресії та аутоагресії, посилення почуття безпорадності та втрати життєвих орієнтирів. Це особливо актуально для вразливих груп населення – жінок, людей похилого віку, підлітків, вимушено переміщених осіб, які втратили житло, роботу та підтримку з боку близьких [3, с.141].

Формування стійкості до стресів можливе на різних рівнях. Індивідуальний рівень включає розвиток особистісних ресурсів – саморегуляції, самоефективності, емоційного інтелекту, навичок позитивного мислення та гнучкої поведінки. Соціальний рівень охоплює формування підтримуючого оточення, зміцнення сімейних та суспільних зв'язків, доступ до психологічної допомоги. Інституційний же рівень передбачає реалізацію програм психосоціальної підтримки, тренінгів сталості, розвиток інфраструктури ментального здоров'я [4, с.151].

Отже, стресостійкість особистості умовах соціальних трансформацій – це не лише показник психологічного здоров'я, а й основа соціальної стабільності. Її розвиток потребує системного підходу, що включає як особистісну роботу, так і суспільні та державні заходи підтримки. В умовах криз і нестабільності підвищення стресостійкості громадян стає важливим завданням як для психологічної науки, так і для практики соціальної політики.

Література

1. Гальченко В. М. Засоби психологічної підтримки під час стресу, спричиненого війною. Актуальні питання теорії та практики психолого-педагогічної підготовки майбутніх фахівців : Тези доповідей X Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 14 квітня 2022 р.). Хмельницький : Кафедра психології та педагогіки ХНУ, 2022. С. 15.

2. Гаврилькевич В. К. Прийоми швидкої саморегуляції при емоціях тривоги, страху, злоби в умовах війни / Актуальні питання теорії та практики психолого-педагогічної підготовки майбутніх фахівців : Тези доповідей X Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 14 квітня 2022 р.). Хмельницький : Кафедра психології та педагогіки ХНУ, 2022. С. 14.

3. Савелюк Н. Переживання стресу в умовах війни : досвід українського респондентства. Психологія : реальність і перспективи : збірник наукових праць РДГУ. Випуск 18. 2022. С. 141-152.

4. Фурман В. В., Рева О. М. Психологічні особливості управління стресом в умовах суспільних трансформацій. Габітус. 2021. № 27. С. 151–155.

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ФЕНОМЕНУ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ЗРОСТАННЯ

Ільчук О.В., здобувачка вищої освіти другого магістерського рівня за спеціальністю «Психологія», Лосієвська О.Г., д. психол. н., професор

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Тема посттравматичного зростання присутня в нашій історії з давніх давен у вигляді казок та билин про те, що досягнути своїх мрій можна тільки пройшовши через важки випробування і нещастя. Казковий птах – Фенікс відроджується згоряючи у вогні.

Та ж тема проходить червоною ниттю через всі релігії світу, де тільки через страждання може прийти звільнення і оновлення, досягнення більш високого духовного рівня.

Тема набуття сенсу життя через страждання і розуміння його цінності займала і філософів. В психології тема знайшла подальший розвиток і найяскравіше, мабуть, проявилась у В. Франкла, який зробив висновок, що потреба в сенсі життя є основною силою, яка змушує нас жити, і страждання можуть стати шляхом і засобом здобуття цього сенсу (В. Франкл, 2015).

Серед перших дослідників, які описали явище посттравматичного зростання був Н. Фінкель. В 1974 році він поруч з описом травм та подій, які спровокували страждання, побачив кілька подій особливого типу – травм, які спровокували зростання. Також він виявив, що таке зростання відбувається завдяки когнітивному опрацюванню події.

Вже згодом, дослідження цього явища отримали подальший розвиток, і вчені почали працювати над отриманням інструменту виміру позитивних і негативних змін у світогляді людини, яка пережила надзвичайні події. В 1993 році такий інструмент було опубліковано – опитувальник С. Джозефа, Р. Вільямса, В. Юле, який і зараз використовується в наукових дослідженнях і психотерапевтичній практиці.

З того часу тема позитивних змін після травмуючих подій викликала надзвичайний інтерес у наукових колах і не тільки. Свій подальший розвиток вона отримала в роботах Р. Тедескі, Л. Калхуна. Вони описують ці зміни як перехід розвитку особистості на більш високий рівень духовності. Явище отримало свій термін – посттравматичне зростання.

Отже, посттравматичне зростання – це позитивні психологічні зміни особистості, що виникають у результаті пережитих травматичних подій або дуже складних кризових ситуацій (В. О. Климчук, 2020).

Посттравматичне зростання тісно пов'язано з явищем психологічної відновлюваності, але це не одно й те ж. На сьогодні наука дає чітке визначення того, чим являється психологічна відновлюваність.

Отже, психологічна відновлюваність – це процес хорошої адаптації при зіткненні з життєвими складнощами, трагедіями чи небезпекою для життя.

Психологічна відновлюваність не являється рисою особистості, а є сукупністю думок і поведінки, набором умінь і стратегій, яким можна навчитися. Кожен йде своїм шляхом, але є загальні фактори, які сприяють процесу: наявність підтримки когось в межах родини або друзів; здатність до планування свого життя і кроки за для його втілення; віра в себе і позитивний настрій; нормальна комунікація з оточенням, вирішення нагальних проблем; здатність контролювати емоції і почуття (В. О. Климчук, 2020).

Як ми бачимо, роль фахівців з психологічного супроводу в цих випадках дуже важлива і ефективна. За допомогою технік КПТ та інших інструментів впливу можна оптимізувати цей процес. Хоча психологічна відновлюваність радше є нормою, ніж виключенням, підтримка психолога дає змогу подолати важки часи м'якше і швидше.

Посттравматичне зростання, на відміну від психологічної відновлюваності, не просто повернення до свого базового стану, а й зміна його якісного рівня. Пережив важки кризові події в своєму житті, людина більш яскраво відчуває цінність життя, змінює пріоритети, укріплює впевненість у собі. Таки зміни становляться позитивним досвідом, який в подальшому, в складних ситуаціях, дає сили їх пережити і мотивує особистість до зростання. Проте, таки процеси відбувається всередині людини, наодинці із собою.

Здатність до посттравматичного зростання, як показали дослідження, є сукупністю як рис особистості, таких як позитивний психологічний добробут, когнітивні можливості, оптимізм, релігійність тощо, так і набутих копінг-стратегій. Також виявилось, що сильніший рівень травмуючого стресу дає сильніше зростання (В. О. Климчук, 2020).

Здатність людини до посттравматичного зростання як досвід, який людина використовує при зіткненні із життєвими кризами, являється сама по собі великою цінністю, яка впливає на полегшення періоду адаптації після пережитого важкого стресу, покращення фізичного і психологічного стану. Можливість сприяти посттравматичному зростанню стає найважливішим завданням психологічної підтримки і психологічної допомоги в часи надзвичайних подій в нашій державі, коли десятки тисяч людей часто наодинці із собою намагаються подолати наслідки важких травматичних подій.

Література

1. Климчук В. О. Психологія посттравматичного зростання: монографія /В. О. Климчук ; Національна академія педагогічних наук України, Інститут соціальної та політичної психології. – Кропивницький : Імекс-ЛТД, 2020. – 125 с.
2. Франкл В. Сказати життю "ТАК": психолог у концтаборі / пер. з англ. І. Бондаренко. — Київ: Книжковий клуб "Клуб сімейного дозвілля", 2015. — 192 с.

НЕОЛОГІЗМИ ЯК ВАЖЛИВИЙ ВЕКТОР ЛІНГВОКРЕАТИВУ СЬОГОДНІ: СТАТУС, ФУНКЦІЇ

Бортун К.О., к.філол.н., доцент

Національна академія внутрішніх справ

Сучасні неологізми відіграють важливу роль у формуванні мовної картини світу, особливо в умовах соціальних і культурних потрясінь, таких як війна, пандемія чи глобалізація. У цей час вони стають інструментами адаптації, творчості й комунікації, а також відображають динаміку змін у суспільстві. Адже неологізми абсолютно нові як за формою, так і за змістом. Вони здійснюють обмін новими реаліями, поняттями, людьми та їхніми перевагами. Кожне слово відображає щось відоме всім українцям.

Крім того, вони підкреслюють особливу рису своїх авторів: фантазію, вміння переосмислювати дійсність і чудове почуття гумору, завдяки якому постійно створюються нові лексеми, зазнають звуження чи розширення наявні значення слів тощо [1, 2]. Насамперед слід зазначити, що неологізми – це нові слова, словосполучення, фразеологічні одиниці, що виникають у мові. Виникнення неологізмів зумовлене необхідністю називати

нові предмети, явища та поняття, які виникають унаслідок безперервного розвитку економіки, науки і культури, унаслідок розширення й поглиблення зв'язків з іншими народами та державами [5,6].

Маємо зазначити, що стрімкий розвиток технологій спонукає людство до лінгвокреативу, видозміни в лексичному шарі мови. О. Пономарів виокремлює два основні види слів-новотворів: загальномовні та авторсько-індивідуальні. Загальномовними неологізмами є нові поняття, що виконують номінативну функцію, водночас поділяють на такі групи [5]: лексичними є нові слова, утворенні наявними в мові моделями (україноментальний, етнополітика) або запозичені з інших мов (спікер, рідер). Семантичними є значення вживаних раніше в мові слів: зелені (долари), зелені (захисники природи).

Варто додати окремий коментар щодо слів іншомовного походження, що є синонімічними в українській мові (гелікоптер - гвинтокрил, крінж - сором, бан - заборона, модерновий - сучасний тощо). З прикрістю зазначаємо, що за декілька десятиліть в українській мові може виявитися дуже багато слів іншомовного походження які витіснили їхні споконвічні українські еквіваленти. Як наслідок цього – втрата зацікавлення до рідної мови, літератури й культури. Хочемо наголосити, що за можливості радимо уникати іншомовних елементів, а звертатися до засобів сучасної української мови. Неологізми відіграють важливу роль у сучасному мовотворенні, відображаючи динамічні зміни в суспільстві та культурі. Вони не лише збагачують словниковий запас мови, але й виконують низку функцій, що сприяють розвитку та адаптації мови до нових реалій [6].

Отже, маємо зазначити, що неологізми яскраво представлені на різних ярусах сучасної української мови. Саме тому, важливого значення набуває вивчення цього явища, зокрема створення теоретико-поняттєвого підґрунтя, його лінгвістичної природи. Неологізми є невід'ємною частиною мовного розвитку, відображаючи динаміку змін у суспільстві та культурі. Вони виконують важливі номінативні, стилістичні, оцінні та ідентифікаційні функції, збагачуючи мову та роблячи її більш виразною та адаптивною до нових реалій.

Література

1. Бортун К.О., Дядькович М.С. Теоретико-поняттєве розуміння особливостей мовних інновацій російсько-української війни 2022 року. Україна XXI століття: тенденції та перспективи розвитку: матеріали XXIII наук.-практ. конф. Київ: Вид-во Європейського університету, 2022. С. 7–9.

2. Бортун К.О., Пічугіна Є.С. Особливості мовних інновацій російсько-української війни 2022 року: статус, функції. Україна XXI століття: тенденції та перспективи розвитку: матеріали XXIII наук.-практ. конф. Київ: Вид-во Європейського університету, 2022. С. 9–11.

3. Бортун К. О. Імперативність і категоричність у структурі висловлення: основні підходи до аналізу. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Філологія : зб. наук. праць. 2016. Вип. 20. С. 14–17.

4. Вусик Г.Л., Павлик Н.В. Неологізми як мовне відображення російсько-української війни 2022 року. Закарпатські філологічні студії. 2022. Вип. 23. Т. 1. С. 52–57.

5. Дядькович М.С., Бортун К.О. Шляхи формування неологізмів сучасної української мови під час повномасштабної війни росії проти України. Молодь, освіта, наука, культура і національна самосвідомість в умовах європейської інтеграції: Зб. матеріалів XXV Всеукр. наук.-практ. конф., Київ, 27 квітня 2023 р.; у 2х т. / Редкол.: О.І. Тимошенко (відп. ред.) та ін. Київ: Вид-во Європейського університету, 2023. Т. 1. С. 204–206.

6. Пономарів О. Д. Сучасна українська мова /О. Д. Пономарів, В. В. Різун, Л. Ю. Шевченко та ін. 4-те видання. Київ: Либідь, 2018. 488 с.

7. Bortun, K., Chekaliuk, V., Kravchenko, O., Soroka, I., & Asadova Yagub, A. (2024). Detection of Typical Aggressive Lexical Markers Through Authorisation of Publicistic Texts. *Forum for Linguistic Studies*, 6(6), 172–183. <https://doi.org/10.30564/fls.v6i6.7051>

COGNITIVE AI AGENTS FOR SMART CLASSROOMS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Dr. Abhishek Pandey, Assistant Professor

Centre for distance and online education, Manipal University Jaipur, India, Email: abhishek.pandey@jaipur.manipal.edu

Abstract. The integration of Cognitive Artificial Intelligence (AI) agents in smart classrooms represents a paradigm shift in the education sector. These intelligent systems, modelled on human cognition, can interpret, reason, learn, and interact in ways that enhance teaching and learning processes. These agents are capable of tailoring content to individual learning styles, monitoring student progress in real time, and providing teachers with valuable insights for data-driven decision-making.

This paper explores the potential of cognitive AI agents in transforming smart classrooms through personalized learning, real-time feedback, and intelligent tutoring. It also discusses significant challenges such as data privacy, teacher-student dynamics, ethical concerns, and technological limitations. Finally, the paper provides future directions for the development and responsible implementation of cognitive AI in education.

Keywords: Cognitive Artificial Intelligence, intelligent systems, smart classrooms, personalized learning

1. **Introduction.** With the rapid evolution of Artificial Intelligence, education has become a major area of transformation. Smart classrooms, equipped with digital tools, now have the potential to incorporate Cognitive AI agents—systems designed to emulate human learning and decision-making capabilities. These agents can recognize student behavior, adapt teaching strategies in real time, and provide personalized educational experiences. Unlike traditional rule-based AI, cognitive agents use advanced techniques such as natural language processing (NLP), machine learning (ML), and contextual reasoning, allowing them to interact more naturally and effectively with students and teachers.

The taxonomy of AI agents in education classifies various AI tools based on their functions and applications. This classification is essential for educators and researchers to effectively identify and implement the most appropriate AI solutions for specific educational needs. The taxonomy includes the following categories:

- **Intelligent Tutoring Systems (ITS):** These systems offer personalized instruction and feedback, adapting to each student's learning style and pace—an essential aspect of AI-enhanced teaching.
- **Chatbots:** AI-powered chatbots support students by answering queries, providing information, and facilitating communication between learners and educators. Tools like ChatGPT exemplify their application in teaching environments.
- **Adaptive Learning Platforms:** These platforms use advanced algorithms to customize educational content, ensuring a tailored learning journey for every student—an approach central to AI-driven online learning.
- **Learning Analytics Tools:** By analyzing student data, these tools offer insights into learning behaviors and performance trends, enabling educators to make data-informed decisions. Tools such as Education Copilot fall under this category.
- **Gamified Learning Agents:** These agents integrate game mechanics into learning environments to boost student engagement and motivation, contributing to the broader field of AI-supported education.

Understanding this taxonomy helps educators recognize the unique functionalities of each AI tool, allowing for more strategic integration into learning environments. Moreover, this categorization highlights current limitations and opportunities for future development in educational AI—such as innovations like GitHub Copilot for education.

At Rapid Innovation, we apply our deep AI expertise to design tailored educational solutions aligned with these frameworks. By integrating cutting-edge AI technologies into digital learning platforms, we empower educational institutions to enhance learning outcomes while optimizing efficiency and return on investment.

2. Features and Functionalities of Cognitive AI Agents

Cognitive AI agents offer a range of capabilities that contribute to a smarter and more efficient classroom environment:

2.1 Personalized Learning

Cognitive agents can analyze learning patterns, preferences, and pace for each student. By doing so, they deliver customized content, exercises, and assessments that cater to individual needs.

2.2 Real-Time Feedback and Assessment

These agents continuously monitor student progress and provide instant feedback, helping learners correct mistakes immediately. Teachers can use this data to adjust their instruction dynamically.

2.3 Intelligent Tutoring Systems

Cognitive AI agents can function as virtual tutors, capable of explaining concepts, answering queries, and even identifying areas where a student may be struggling.

2.4 Emotional and Social Intelligence

Advanced cognitive agents can recognize emotional cues through facial expressions, voice modulation, and body language, enabling them to respond empathetically and encourage engagement.

3. Opportunities for Smart Classrooms

Cognitive AI opens a range of possibilities in smart educational environments:

3.1 Inclusive Education

AI agents can bridge the gap for students with special needs by adjusting the mode of delivery—text, audio, visual, or interactive simulations—making learning more accessible.

3.2 Teacher Support and Efficiency

Teachers benefit from cognitive agents that handle administrative tasks, grade assignments, and provide actionable insights into student performance, allowing them to focus more on pedagogy and mentorship.

3.3 Continuous Learning and Professional Development

AI-driven analytics can help educators identify gaps in their teaching strategies and offer personalized development programs based on classroom data.

3.4 Enhanced Engagement

Gamification and interactive tools powered by cognitive AI agents make learning more engaging and enjoyable, particularly in STEM subjects.

4. Challenges and Ethical Concerns

Despite their promise, cognitive AI agents present notable challenges:

4.1 Data Privacy and Security

Cognitive agents rely on large amounts of data, including sensitive personal information. Ensuring secure storage, ethical use, and compliance with data protection laws (like GDPR) is crucial.

4.2 Bias and Fairness

ML algorithms can inadvertently propagate bias present in training datasets, affecting fairness in assessment and recommendation systems. This is a significant concern, especially in diverse educational settings.

4.3 Teacher-Student Dynamics

Over-reliance on AI might diminish human interaction, which is vital for emotional development and holistic learning. Maintaining a balance is essential.

4.4 Infrastructure and Accessibility

Many regions, particularly in developing countries, lack the infrastructure—high-speed internet, smart devices, and trained personnel—needed to implement cognitive AI effectively.

5. Future Directions

To fully realize the potential of cognitive AI agents in smart classrooms, stakeholders must address technical, ethical, and educational gaps:

- **Development of Ethical Frameworks:** Institutions must establish policies governing AI use, ensuring transparency, accountability, and inclusivity.
- **Teacher Training Programs:** Educators need to be trained in AI literacy to work alongside these systems effectively.
- **Collaborative AI Models:** Future systems should foster collaboration between AI and human educators, rather than aiming to replace them.
- **Scalable Solutions:** Governments and private sectors must invest in cost-effective, scalable AI solutions for public education systems.

6. Conclusion. Cognitive AI agents hold the promise of revolutionizing education by making learning more intelligent, personalized, and inclusive. While the opportunities are vast, the successful integration of such systems into smart classrooms hinges on overcoming challenges related to ethics, infrastructure, and human-AI collaboration. By adopting a balanced and thoughtful approach, cognitive AI can serve as a powerful ally in shaping the future of education.

Reference

1. Saini, M. K., & Goel, N. (2020). How smart are smart classrooms? A review of smart classroom technologies. *ACM Computing Surveys*, 52(28).
2. Gm, D., Goudar, R. H., Kulkarni, A., Rathod, V., & Hukkeri, G. (2024). A digital recommendation system for personalized learning to enhance online education: A review. *IEEE Access*, 12, 1–1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3369901>
3. Bagai, R., & Mane, V. (2023). Designing an AI-powered mentorship platform for professional development: Opportunities and challenges. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 71(4), 108–114.
4. Vijayakumar, V. (2021). Predictive learning analytics for student success towards outcome-based education perspective. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 69(9), 7–11.
5. Goel, T., & Srivastava, P. (2019). Emotional intelligence and effective leadership. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 67(5), 115–123.
6. Sharma, M. K., & Shrivastav, V. (2012). Feature extraction from web data using artificial neural networks. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 3(5), 561–564.
7. Sneha J.M, and G.S. Nagaraja, "Virtual Learning Environments – A Survey," *International Journal of Computer Trends and Technology*, vol. 4, no. 6, pp. 1705-1709, 2013.
8. Madhuresh Kumar, Dr. R.B.S. Yadav, and Dr. Abhishek Kumar Singh, "The Learning Revolution in Digital Era," *International Journal of Computer Trends and Technology*, vol. 47, no. 3, pp. 186-188, 2017.

ФОРМУВАННЯ ІНКЛЮЗИВНОЇ КУЛЬТУРИ ЧЕРЕЗ ЗАНЯТТЯ ФІЗИЧНОЮ КУЛЬТУРОЮ І СПОРТОМ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Ткачук О.Г., доцент кафедри фізичної культури і спорту

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Світ змінюється, і разом із ним змінюється система освіти. Сьогодні її основним завданням є не лише передача знань, а й формування людяності, відкритості та поваги до різноманіття. У цьому контексті інклюзивна освіта стає важливим напрямом, а фізична культура і спорт – ефективним засобом для її реалізації.

Інклюзивна освіта – це не лише про доступність навчання для всіх, а й про формування культури, у якій кожен має право на повноцінну участь, незалежно від особистих чи фізичних особливостей [5]. Вона є невід’ємною складовою якості освіти, що базується на принципах рівності, поваги до різноманіття та соціальної справедливості. Особливо важливу роль у цьому процесі відіграє сфера фізичної культури і спорту, яка є унікальним інструментом об’єднання та взаєморозуміння між здобувачами освіти.

Фізична культура і спорт – це не лише спосіб зміцнення здоров’я, а й засіб комунікації, співпраці та соціального включення. На відміну від теоретичних дисциплін, заняття фізичною культурою дозволяють всім здобувачам освіти – незалежно від рівня підготовки чи можливостей – діяти спільно, досягати результатів, підтримувати одне одного. Саме в таких умовах природно формуються навички прийняття, взаємоповаги та толерантності, терпимості і розуміння. В умовах інклюзивного освітнього процесу ці заняття сприяють встановленню партнерських стосунків між дітьми з різними потребами, розвитку командної роботи, емпатії, толерантності. Як зазначають Шевченко М. (2023) та Latina, Н., Tkachuk, O., et al. (2025), саме спільна рухова діяльність сприяє розвитку толерантності, емпатії та згуртованості в учнівському середовищі [3; 4]. Автори зазначають, що систематичні спеціалізовані фізичні вправи підвищують функціональну витривалість, зміцнюють серцево-судинну і дихальну системи, що особливо важливо в інклюзивному контексті [4].

Інклюзія у фізичному вихованні – це не лише участь дітей з особливими освітніми потребами, це зміна ставлення до інакшості в цілому. Адже, коли діти з різними здібностями займаються разом фізичною культурою, стираються штучні кордони. Здобувачі освіти починають сприймати одне одного не через призму обмежень, а як особистостей зі своїми сильними сторонами. Це сприяє формуванню позитивного мікроклімату в закладі, зниженню рівня булінгу, розвитку співчуття.

Інклюзивна культура у сфері фізичного виховання означає створення умов, у яких кожен здобувач освіти, незалежно від його фізичних чи когнітивних особливостей, має змогу брати участь у заняттях на рівних правах. Однак формування інклюзивної культури через спорт потребує відповідної організації, а саме: адаптації програм та методик викладання; застосування диференційованих завдань; використання спеціального обладнання та інвентарю, професійної підготовки викладачів та тренерів, здатних ефективно працювати в інклюзивному середовищі, демонструючи професіоналізм, гнучкість і гуманізм. Формування інклюзивної культури неможливе без високого рівня професійної компетентності педагогів. Як зазначає Шевченко М. (2023), майбутні вчителі фізичної культури мають не тільки володіти адаптивними методиками, а й розвивати інклюзивну етику, толерантне ставлення до учнів з ООП, розуміння їхніх освітніх потреб [3].

Також варто зазначити, що саме через спорт молодь вчиться приймати і підтримувати одне одного. Участь у спільних іграх та змаганнях формує почуття єдності, розвиває навички ненасильницької комунікації, сприяє подоланню упереджень щодо осіб з інвалідністю чи іншими відмінностями.

Заняття фізичною культурою і спортом можуть і повинні бути засобом формування цінностей інклюзивності. Вони здатні змінити культуру освітнього закладу в бік відкритості, співпраці та взаємопідтримки. Це вимагає від закладів освіти не лише технічного забезпечення чи методичної бази, а передусім – готовності прийняти кожного учня як цінну особистість. Адже інклюзивна культура не виникає сама собою – вона формується в щоденній практиці, у спільних зусиллях викладачів, тренерів, батьків та здобувачів освіти. А фізична культура і спорт – це платформа, яка дає змогу реалізувати цінності інклюзії не лише на словах, а в реальних діях, у спільних перемогах і подоланих труднощах. Через рух, гру і взаємодію ми вчимо здобувачів освіти головному – бути людьми, які цінують і приймають інших. І саме з таких кроків починається справжня інклюзія.

Впровадження інклюзивної моделі не обмежується лише формальною освітою. Маринич В. і Когут І. (2022) наголошують на важливості розширення інклюзивного простору в позашкільних закладах – спортивних секціях, гуртках, молодіжних центрах [1]. Вони описують ефективні інструменти: мультидисциплінарні команди, гнучкі освітні програми, адаптовані змагання, підвищення кваліфікації фахівців. Позашкільне середовище, орієнтоване на інклюзію, дозволяє дітям з особливостями освітніми процесами розвиватися у безпечному, мотивуючому контексті, знижуючи ризики соціальної ізоляції [1].

Отже, фізична культура і спорт – це платформа для розвитку інклюзивної культури в освітньому середовищі. Вони створюють умови для реальної інтеграції, де діти навчаються жити разом, поважати відмінності і розвиватися у дусі солідарності. Формуючи такі цінності з дитинства, ми закладаємо фундамент для толерантного і справедливого суспільства.

Література

1. Маринич В.Л., Когут І.О. (2022) Інструменти впровадження інклюзивної моделі фізкультурно-спортивної роботи в закладах позашкільної освіти. Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія. № 2. С. 65-72. DOI: <https://doi.org/10.32652/spmed.2022.2.65-72>.
2. Теліус В. В. (2024) Інклюзивна освіта у фізичній культурі в умовах Нової української школи / В. В. Теліус, В. П. Семененко, Є. І. Мосьпан, О. М. Применко, // *Olympicus : науковий журнал*. № 2. С. 192-198.
3. Шевченко М. О. (2023) Формування інклюзивної компетентності майбутніх учителів фізичної культури у професійній підготовці. Науковий вісник Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського. Випуск 2 (143). С. 85-89. DOI: <https://doi.org/10.24195/2617-6688-2023-2-11>
4. Latina, H., Kalynychnenko, I., Tkachuk, O., Danysko, O., & Ivanova, T. (2025). Integral evaluation of the formation of adaptive capacity of the children's body under the condition of systematic specific physical load. *Physical Rehabilitation and Recreational Health Technologies*, 10(2), 77–86. [https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10\(2\).03](https://doi.org/10.15391/prrht.2025-10(2).03)
5. PEER [Profiles Enhancing Education Reviews] (2020). Country profiles. Paris: UNESCO Global Education Monitoring Report. <https://education-profiles.org/>.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІДХОДІВ У ЗАВДАННЯХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА РИНКАХ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

Огородюк Р.В., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Шведов Д.С.

Національний університет «Одеська політехніка»

Вступ. У сучасному фінансовому середовищі ринки цінних паперів функціонують як складні динамічні системи, що характеризуються значним рівнем невизначеності, стохастичністю, чутливістю до зовнішніх подій та високою залежністю від широкого спектру макроекономічних і поведінкових факторів.

У цих умовах ефективна підтримка процесів прийняття рішень є критично важливою для суб'єктів фондового ринку. З огляду на це, зростає потреба у впровадженні інтелектуальних технологій, що дозволяють здійснювати глибокий аналіз, прогнозування та оцінку ризиків на основі великих обсягів даних. До найбільш поширених аналітичних підходів належать класичні статистичні моделі, зокрема ARIMA, технічні торговельні індикатори, а також методи глибокого навчання, що формують ядро сучасного інструментарію штучного інтелекту [1].

Застосування технічних індикаторів у фінансовому аналізі ґрунтується на перетворенні історичних даних про ціни та обсяги торгів у математичні функції, що використовуються для виявлення тенденцій, визначення імпульсів та генерації сигналів до здійснення біржових операцій. Серед найуживаніших індикаторів відзначаються середні ковзні, індекс відносної сили, MACD, стохастичний осцилятор тощо. Ці інструменти мають значну популярність завдяки своїй простоті, високій швидкодії та доступності реалізації у межах торгових платформ.

Водночас їх функціонування базується на фіксованих емпіричних параметрах, що знижує адаптивність до змін ринкового середовища, а ефективність залежить від вибору часових інтервалів та конфігурації параметрів. Таким чином, хоча технічні індикатори й демонструють прийнятну результативність у короткостроковому аналізі, їх прогностичні можливості залишаються обмеженими при довгостроковому моделюванні складних ринкових процесів [2].

Моделі ARIMA, що належать до категорії лінійних моделей часових рядів, відіграють ключову роль у статистичному прогнозуванні фінансових даних. Ці моделі поєднують авторегресію, інтегрування та компоненти ковзного середнього, що дозволяє ефективно моделювати стаціонарні та слабо стаціонарні часові ряди.

З розвитком цієї методології виникли численні її розширення, зокрема SARIMA, яка враховує сезонні компоненти, та ARIMAX, що дозволяє інтегрувати зовнішні змінні у процес прогнозування.

Основною перевагою моделей ARIMA є їхня інтерпретованість і здатність забезпечувати високу точність при аналізі часових рядів з лінійною динамікою. Проте зазначені моделі демонструють значні обмеження при зіткненні з нелінійними процесами, структурними зсувами та високим рівнем шуму у даних. Крім того, для ефективного застосування ARIMA необхідне попереднє стаціонаризування рядів, аналіз автокореляційних структур, а також ретельний підбір гіперпараметрів, що ускладнює автоматизацію процесів прогнозування у великих масивах фінансової інформації [3].

Методи глибокого навчання, що розвинулись в рамках сучасної теорії штучних нейронних мереж, відкрили нові горизонти у фінансовому аналізі. Завдяки своїй здатності до моделювання складних нелінійних взаємозв'язків та самостійного виявлення релевантних ознак у даних, нейромережеві архітектури продемонстрували високу ефективність при розв'язанні завдань прогнозування цін, оцінки ризиків та класифікації ринкових сценаріїв. Найбільш перспективними у контексті обробки часових рядів є рекурентні нейромережі, зокрема LSTM та GRU, які дозволяють зберігати інформацію про довготривалі залежності

у ряді. Додатково застосування згорткових нейромереж (CNN) виявилось ефективним при аналізі мультифакторних сигналів технічних індикаторів у формі двовимірних матриць. Новітні архітектури трансформерів, що використовуються в обробці природної мови, дедалі частіше впроваджуються у фінансове прогнозування завдяки здатності враховувати глобальні залежності у часових даних без втрати обчислювальної ефективності. Водночас нейромережеві моделі вимагають значних обчислювальних ресурсів, великих обсягів якісно підготовлених даних та ретельного контролю процесу навчання з метою уникнення перенавчання. Ще одним викликом є низька інтерпретованість результатів, що утруднює їх безпосереднє застосування у середовищах, де важлива прозорість прийняття рішень, зокрема у регульованому фінансовому секторі.

Порівняльний аналіз трьох основних класів підходів — технічних індикаторів, моделей ARIMA та глибинних нейронних мереж — дозволяє зробити висновок про відсутність універсального рішення для завдань підтримки прийняття рішень на фондовому ринку. Кожен підхід має свою область оптимального застосування, специфіку підготовки вхідних даних та рівень адаптивності до ринкових умов.

Технічні індикатори залишаються ефективними для оперативного виявлення сигналів у рамках короткострокової торгівлі, проте їх варто розглядати скоріше як попередню фільтрацію інформації, ніж повноцінний інструмент прогнозування. ARIMA-моделі забезпечують високу точність у випадках лінійної поведінки ринкових рядів, але виявляються недостатньо ефективними у складних ситуаціях з множинними факторами. Глибинні нейронні мережі демонструють найбільший потенціал щодо точності та адаптивності, однак їх застосування потребує ретельного налаштування та постійного контролю за узгодженістю результатів з реаліями ринку.

Висновки. Перспективним напрямом досліджень та розробок у сфері фінансової аналітики є побудова інтегрованих гібридних систем, що поєднують переваги різних підходів. Така система може базуватись на багаторівневій модульній архітектурі, у якій технічні індикатори відіграють роль генераторів первинних сигналів, статистичні моделі ARIMA відповідають за обробку лінійних компонент, а глибинні нейронні мережі здійснюють остаточне прогнозування з урахуванням складної динаміки, сезонності та зовнішніх факторів. Додаткову ефективність можна досягти за рахунок використання ансамблевих методів, автоматизованого підбору моделей та впровадження інтерпретованих механізмів штучного інтелекту, таких як Explainable AI. Реалізація таких систем передбачає створення єдиної аналітичної платформи, здатної не лише адаптуватися до ринкових умов, але й забезпечувати прозорість, масштабованість та інтеграцію з існуючими інфраструктурними рішеннями у сфері торгівлі цінними паперами.

Таким чином, поєднання класичних та сучасних підходів у межах єдиної інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень є обґрунтованим та перспективним кроком у напрямі підвищення ефективності функціонування фінансових ринків в умовах цифрової трансформації.

Література

1. Olorunnimbe K., Viktor H. Deep learning in the stock market—a systematic survey of practice, backtesting, and applications. *Artificial Intelligence Review*, 56, 2057–2109 (2023).
2. Pillay S. Determining the optimal ARIMA model for forecasting the share price index of the Johannesburg Stock Exchange. *Journal of Management Information and Decision Sciences*, 23(5), 527–538 (2020).
3. Zou J., Zhao Q., Jiao Y., Cao H., Liu Y., Yan Q., Abbasnejad E., Liu L., Shi J.Q. Stock Market Prediction via Deep Learning Techniques: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2212.12717* (2022).

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ В НАСТІЛЬНО-РОЛЬОВИХ ІГРАХ

Отращенко А.А., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Шведов Д.В.

Національний університет «Одеська Політехніка»

Міжрегіональна Академія Управління Персоналом

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (ІСППР) мають широке застосування у різних сферах, зокрема в розважальній індустрії. Одним із перспективних напрямів є використання ІСППР для автоматизації та оптимізації вибору альтернатив у настільно-рольових іграх (НРІ). Вибір персонажа, класу, спорядження чи сценарного рішення часто викликає складнощі в новачків та потребує часу від майстра. ІСППР дозволяє мінімізувати ці труднощі, надаючи рекомендації на основі аналізу вхідних даних [1].

Системи ІСППР являють собою широкий і надзвичайно зручний клас інформаційних обчислювальних систем оброблення даних, які дозволяють інтегрувати різноманітні дані [2]. До інтелектуальних методів і алгоритмів пошуку та оброблення даних відносять такі: алгоритми пошуку даних із заданими характеристиками, алгоритми приведення даних до заданої форми, ігрові методи пошуку та оброблення даних, способи подання знань у базі знань [1]. До даного класу методів також відносять: різні види планування, методи оброблення невизначеностей, методи прийняття рішень на основі нейромереж, імовірнісних моделей і суджень, чіткої та нечіткої логіки, методи навчання на основі попереднього досвіду та спостережень, ймовірнісні методи оброблення лінгвістичної інформації, мережі Байєса, методи сприйняття та розпізнавання образів, методи керування у робототехніці тощо [2].

Пропонована ІСППР для НРІ складається з приблизно наступних модулів: введення та прийняття даних. Отримує інформацію про сюжет, рівень гравців, ігрову систему (D&D, Pathfinder тощо). Враховує побажання гравця (роль, стиль гри, улюблена стихія); аналізу та фільтрації альтернатив. Фільтрує непридатні варіанти. Визначає допустимі комбінації рас/класів/архетипів. Враховує сеттінгові обмеження; оцінювання альтернатив. Застосовує критерії ефективності (бойова користь, унікальність, синергія). Працює з дерева рішень, байєсівськими мережами або алгоритмами ранжування; рекомендацій. Пропонує користувачу 3–5 найкращих варіантів. Додає пояснення до кожної пропозиції; інтерфейс взаємодії. Дає змогу користувачу вручну змінювати параметри, отримувати додаткові поради. Передбачає адаптивний режим для новачків і досвідчених гравців.

Література

1. Nilsson N. J. Principles of Artificial Intelligence. – San Francisco: Morgan Kaufmann, 2014. – 476 p.
2. Turban E., Sharda R., Delen D. Decision Support and Business Intelligence Systems. – Boston: Pearson Education, 2011. – 512 p.

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ ЗДОРОВ'Ю НАСЕЛЕННЯ НА БАЗІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Рудницький М.І., Шibaєва Н.О., к.т.н., доцент, Шibaєв Д.С.

Національний університет «Одеська Політехніка»

У сучасному суспільстві питання ефективної оцінки ризиків здоров'ю населення набуває особливої актуальності в умовах динамічних змін навколишнього середовища, урбанізації, погіршення екологічної ситуації та високої поширеності хронічних захворювань [1]. Традиційні підходи до моніторингу та прогнозування стану здоров'я населення обмежені як в обсязі опрацьованих даних, так і в здатності виявляти приховані залежності та тренди. З огляду на ці виклики, у роботі запропоновано архітектуру інформаційної системи для оцінки ризиків здоров'ю населення з використанням технологій машинного навчання [2]. Основною метою цієї системи є автоматизований збір, обробка, аналіз і прогнозування медико-соціальних показників із подальшим формуванням моделей ризику, орієнтованих на виявлення потенційно небезпечних ситуацій для здоров'я окремих груп населення. Основою розробки є застосування мови програмування Python, бібліотеки XGBoost як інструменту побудови високоточних моделей, фреймворку Flask для розгортання веб-сервісу та СУБД SQLite як засобу локального зберігання структурованих медичних і демографічних даних.

У контексті розробки інформаційної системи для оцінки ризиків здоров'ю населення особливу увагу приділено аналізу та обґрунтуванню вибору моделей машинного навчання, що використовуються на етапі прогнозування.

Модель XGBoost обрана завдяки її здатності ефективно моделювати складні, нелінійні залежності між вхідними демографічними, медичними та екологічними змінними. З огляду на те, що фактори ризику здоров'я часто взаємозалежні, мають латентну природу та не піддаються простому лінійному опису, традиційні регресійні моделі або статистичні підходи виявляються недостатніми. У порівняльному тестуванні XGBoost показала вищу точність і стабільність, ніж Logistic Regression, Decision Tree та Random Forest, особливо в умовах наявності відсутніх значень та мультиколінеарності.

Для емпіричного обґрунтування моделі було сформовано вибірку на основі симульованих та реальних даних з анонімізованих публічних джерел, зокрема Національних опитувань стану здоров'я (NHANES) та відкритих екологічних баз даних. Дані були стандартизовані, а також включали як числові, так і категоріальні ознаки, що охоплювали вікову структуру населення, індекси маси тіла, рівень фізичної активності, показники забруднення повітря та доступ до медичних послуг.

Інформаційна система логічно розділена на три функціональні модулі: обробка даних, аналітика та прогнозування ризиків. Кожен модуль реалізований у вигляді окремого підкаталогу в структурі проекту, що дозволяє чітко ізолювати функціональні компоненти та спростити масштабування системи.

Перший модуль — обробка даних — реалізований у вигляді пакету `data_processing`. У цьому пакеті зосереджені класи, відповідальні за завантаження, валідацію, нормалізацію та трансформацію медичних та екологічних показників. Основний клас `DataPreprocessor` містить методи для фільтрації пропущених значень, категоризації числових ознак, побудови нових індикаторів та агрегації даних за часовими вікнами. Вхідні дані надходять у форматі CSV-файлів, що зберігаються у підкаталозі `data/raw`, після чого результат їх попередньої обробки записується до `data/processed` у форматі стандартного `DataFrame`. Клас `DatabaseHandler`, розташований у файлі `database.py`, забезпечує зв'язок із базою даних SQLite, використовуючи ORM `SQLAlchemy` для збереження структурованої інформації про пацієнтів, демографічні ознаки, показники навколишнього середовища та результати опитувань.

Другий модуль — аналітика — структурно оформлений у пакеті `analytics`, який містить клас `RiskAnalyzer` з реалізацією алгоритмів для побудови описової статистики, кореляційного аналізу та візуалізації ключових індикаторів ризику. Аналіз проводиться на основі попередньо оброблених даних, а результати зберігаються у вигляді аналітичних звітів і графіків у форматі PNG та JSON у каталозі `output/analytics`. Метод `generate_summary_statistics` формує узагальнення щодо середніх значень, стандартного відхилення та квантилів для кожного показника. Метод `detect_risk_patterns` використовує матрицю кореляцій Пірсона для виявлення найбільш значущих факторів ризику в контексті конкретних демографічних груп. З метою полегшення інтерпретації результатів до системи інтегровано модуль побудови інтерактивних графіків за допомогою бібліотеки `Plotly`, що дозволяє користувачам вивчати зміни в показниках здоров'я в динаміці.

Третій модуль — прогнозування ризиків — реалізовано в пакеті `risk_modeling`, де розміщено класи `RiskPredictor` та `ModelTrainer`. Клас `ModelTrainer` відповідає за підготовку вибірки до машинного навчання, розділення даних на тренувальну та тестову частини, оптимізацію гіперпараметрів моделей та їх навчання за допомогою `XGBoost`. Метод `train_model` реалізує крос-валідацію та обчислює метрики якості, зокрема точність, повноту, `F1-mіру` та `ROC-AUC`. Навчена модель серіалізується у форматі `.json` для подальшого використання у `Flask`-додатку. Клас `RiskPredictor` здійснює інференс на основі нових вхідних даних, поданих через `REST API`. Він обробляє запит, застосовує попередньо навчений предиктор та формує ймовірність ризику настання визначених станів здоров'я, таких як серцево-судинні захворювання, гіпертензія чи діабет.

Фреймворк `Flask` відіграє роль інтерфейсного рівня, забезпечуючи маршрутизацію запитів, авторизацію користувачів та обмін інформацією між клієнтською частиною та сервером. У головному файлі `app.py` створено кінцеві точки для отримання даних, запуску аналітичного аналізу та прогнозування ризиків. Для кожного запиту реалізовано перевірку вхідних параметрів, обробку помилок та логування, що підвищує стабільність і безпечність системи. Особливістю розробленої архітектури є її гнучкість, модульність та придатність до масштабування. Всі модулі мають чітко визначені інтерфейси, що дає змогу доповнювати або замінювати окремі компоненти без необхідності змінювати загальну логіку. Наприклад, база даних `SQLite` може бути замінена на `PostgreSQL` або іншу СУБД без порушення функціональності, а модель `XGBoost` — замінена на нейронну мережу за допомогою `TensorFlow` або `PyTorch`.

У висновку варто зазначити, що розроблена інформаційна система для оцінки ризиків здоров'я населення є інноваційним підходом до інтеграції сучасних методів машинного навчання у сферу громадського здоров'я. Вона дозволяє не лише ефективно агрегувати та аналізувати великі обсяги різнорідних даних, але й формувати прогностичні моделі, які є здатними до адаптації у реальному часі. Застосування системи у практиці охорони здоров'я може сприяти оперативному виявленню груп ризику, оптимізації ресурсів медичних установ та підвищенню якості прийняття управлінських рішень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення кола вхідних параметрів, інтеграцію з національними електронними медичними системами, а також реалізацію адаптивного навчання моделей у залежності від змін у структурі даних.

Література

1. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794 (2016).
2. Rajkomar A., Dean J., Kohane I. Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347–1358 (2019).

ПРОЕКТ СИСТЕМИ ОЦІНКИ СТАНУ ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА БАЗІ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

Савчук В.А., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Отрадська Т.В.

Національний університет «Одеська Політехніка»

Вступ. Сучасні тенденції розвитку інтелектуальних транспортних систем визначають необхідність впровадження новітніх інформаційних технологій у сферу безпеки дорожнього руху. Однією з ключових загроз для безпеки є людський фактор, зокрема втома, сонливість, відволікання уваги або емоційне збудження водія [1]. За статистичними даними, значна частка ДТП спричинена саме неадекватним станом водіїв під час керування транспортним засобом. У зв'язку з цим зростає актуальність розробки автоматизованих засобів моніторингу стану водія в реальному часі з метою запобігання критичним ситуаціям на дорозі [2]. З огляду на стрімкий розвиток технологій комп'ютерного зору та глибокого навчання, відкриваються нові можливості для створення ефективних систем оцінювання поведінки людини за зовнішніми ознаками. Глибинні нейронні мережі продемонстрували здатність з високою точністю ідентифікувати міміку обличчя, рухи очей, позицію голови, жестові патерни, які свідчать про втому або неуважність. Застосування таких моделей у транспортних засобах дозволяє автоматизувати контроль за станом водія, а також забезпечити інтеграцію з іншими компонентами системи підтримки водіння [3].

Метою цього дослідження є розробка клієнт-серверної програмної системи оцінки стану водіїв транспортних засобів, що базується на використанні моделей глибокого навчання.

Створення програмного комплексу оцінки стану водія базується на поєднанні комп'ютерного зору, технологій машинного навчання та клієнт-серверної архітектури. Основною функціональністю системи є виявлення ознак втоми, сонливості або втрати концентрації уваги шляхом аналізу відеопотоку з камери, що фіксує обличчя водія у реальному часі. Система має двокomпонентну структуру. На стороні клієнта функціонує модуль захоплення відео, який здійснює попередню обробку кадрів, включаючи нормалізацію, детекцію обличчя, виявлення ключових точок та передавання зображень до серверного компонента. Серверна частина реалізує модулі аналізу стану водія за допомогою глибокої нейронної мережі, навченої на відповідному наборі даних. Модель виконує класифікацію стану за різними категоріями, наприклад активний, сонливий, неуважний, а результати обробки передаються назад до клієнта для виведення повідомлень або активації відповідних дій. Для побудови клієнтської частини системи використано мову програмування Python із бібліотеками OpenCV, mediapipe та socket. Відеопотік із камери обробляється в реальному часі, після чого кадри передаються через сокетне з'єднання до сервера у вигляді байтового потоку. Структура клієнтського модуля складається з класу VideoCaptureClient, що реалізує захоплення зображень, класу FrameProcessor для обробки кадрів та функцій для передавання даних. Також передбачено клас AlertHandler, що реагує на виявлені ознаки порушень уваги водія.

Серверний модуль реалізовано на Python із використанням бібліотек PyTorch, torchvision, socket, numpy. Основними компонентами серверної частини є клас DriverStateModel, що інкапсулює глибоку нейронну мережу, попередньо навчений архітектурний шаблон ResNet або MobileNet для обробки зображень та функції для прийому і декодування відеокadrів. Отримане зображення передається в модель, яка виконує інференс і повертає ймовірнісний вектор стану водія. У разі виявлення критичних станів (наприклад, високої ймовірності сонливості) формується відповідне попередження для клієнтського застосунку.

У межах дослідження розроблено експериментальний прототип, який дозволяє оцінювати ефективність підходу в умовах наближених до реальних. Для навчання моделі

використано відкриті датасети, що містять зображення осіб у різних станах: Driver Drowsiness Detection Dataset, NTHU Drowsy Driver Detection Dataset. Модель навчено класифікувати стани за трьома основними категоріями: alert, drowsy, yawning. Під час експериментів було досягнуто точності класифікації понад 90 відсотків на тестовому наборі даних. Реалізовано механізм зворотного зв'язку, що дозволяє автоматично активувати попереджувальний звуковий сигнал у разі виявлення втоми.

Особливістю розробленої системи є можливість масштабування за рахунок відділення обчислювально затратної логіки на серверну частину, що дозволяє використовувати менш потужні пристрої на стороні клієнта. Це створює потенціал для впровадження системи на широкому спектрі пристроїв, зокрема вбудованих комп'ютерах транспортних засобів. Окрім того, реалізована архітектура дозволяє гнучко змінювати або оновлювати модель без зміни клієнтського коду, що сприяє адаптивності системи до нових вимог та сценаріїв використання.

Система також може бути розширена шляхом інтеграції з іншими сенсорними каналами, наприклад аналізом рухів рук, положення тулуба або біометричних показників. Це дозволяє створити більш повну модель поведінки водія та забезпечити вищий рівень безпеки. Подальші дослідження передбачають впровадження моделей мультиканального аналізу з використанням рекурентних та трансформерних архітектур для врахування динаміки змін стану водія в часі.

Висновки. У роботі представлено програмну систему моніторингу стану водія транспортного засобу на основі технологій глибинного навчання та клієнт-серверної архітектури. Розроблена система дозволяє здійснювати виявлення ознак втоми, сонливості або втрати уваги у реальному часі з використанням відеопотоку з камери. Запропонована архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість і високу точність роботи, що підтверджено результатами експериментального тестування на відкритих наборах даних. Клієнтська частина системи реалізує засоби захоплення та передавання зображень, а серверна частина виконує аналіз за допомогою попередньо навченої нейронної мережі. Такий підхід дозволяє ефективно розподілити обчислювальне навантаження та забезпечити адаптивність системи до змін середовища або вимог. Результати дослідження демонструють перспективність застосування глибинного навчання для створення інтелектуальних засобів підтримки безпечного водіння. Подальший розвиток проєкту передбачає вдосконалення моделей шляхом використання мультиканальних даних, розширення системи інтерфейсами взаємодії з користувачем, а також інтеграцію з системами автопілота або асистентами водія. Застосування подібних рішень у транспортній галузі має потенціал суттєво знизити ризик аварій через людський фактор і сприяти підвищенню рівня безпеки дорожнього руху в цілому.

Література

1. Vora A., Khan A., Tiwana M.I. Driver drowsiness detection systems using deep learning: A review. *Computers in Biology and Medicine*, 148, 105834 (2022).
2. Abouelnaga Y., Eraqi H.M., Moustafa M. Real-time driver state monitoring using deep convolutional neural networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(3), 2501–2513 (2022).
3. Dwivedi R., Tripathi A., Verma A., Srivastava S. A deep learning approach for driver drowsiness detection using facial features. *Neural Computing and Applications*, 34, 1917–1931 (2022).

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

Тулизик О.В., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Отрадська Т.В.

Національний університет «Одеська Політехніка»

Міжрегіональна Академія Управління Персоналом

Проблема ефективного складання розкладу належить до категорії NP-складних задач, вирішення яких вимагає врахування великої кількості обмежень — як жорстких, так і гнучких. У сфері освіти, логістики, виробництва або транспорту створення оптимального розкладу є критично важливим для забезпечення безперервності процесів, мінімізації конфліктів та максимального використання наявних ресурсів.

У зв'язку зі складністю таких задач, традиційні алгоритмічні підходи не завжди забезпечують прийнятні результати. Це обумовлює зростання інтересу до застосування методів штучного інтелекту — таких як генетичні алгоритми, алгоритм відпалу, ройовий інтелект та штучні нейронні мережі, — що здатні адаптуватися до змін умов та здійснювати пошук рішень у великих просторах з обмеженою повнотою інформації.

Генетичні алгоритми (ГА) імітують процес природного добору шляхом застосування операторів відбору, схрещування та мутації. У контексті складання розкладу ці алгоритми дозволяють ефективно шукати наближені рішення шляхом еволюції популяції розкладів, які оцінюються за функцією пристосованості. Основні переваги ГА — гнучкість, здатність працювати з різними типами обмежень і знаходити глобальні екстремуми. Проте їх продуктивність залежить від правильної настройки параметрів (розмір популяції, ймовірності мутації та кросоверу), а також від структури функції оцінки.

Алгоритм відпалу (AV) базується на імітації процесу повільного охолодження металу, коли система поступово переходить до стану мінімальної енергії. У складанні розкладу AV використовують для поступового поліпшення початкового рішення з можливістю прийняття гірших варіантів на ранніх етапах пошуку. Це дозволяє уникнути локальних мінімумів. Метод є відносно простим у реалізації, має невисокі обчислювальні вимоги, але чутливий до вибору температурної функції та швидкості охолодження, що впливає на час збіжності.

Ройовий інтелект (Swarm Intelligence), це алгоритми, натхненні колективною поведінкою біологічних систем, зокрема алгоритм частинок-роїв (PSO), мурашиний алгоритм (ACO) тощо. Вони характеризуються високою паралельністю, здатністю до самоналаштування та добрим балансом між глобальним і локальним пошуком. При складанні розкладу ці методи ефективно обробляють багатовимірні простори та працюють з гібридними обмеженнями. Основна складність — в узгодженні поведінки агентів та налаштуванні параметрів інерції й взаємодії.

Штучні нейронні мережі (ШНМ), особливо глибокі архітектури, такі як згорткові (CNN) та рекурентні мережі (LSTM), можуть вивчати складні закономірності та виявляти латентні залежності в структурі розкладу. Їх можна застосовувати для генерації або оптимізації розкладів на основі історичних даних або симуляцій. Проте такі підходи вимагають великих обсягів даних для навчання, значних обчислювальних ресурсів і можуть бути складними для інтерпретації в контексті прийняття адміністративних рішень [1].

Порівняння зазначених підходів свідчить про те, що не існує універсального методу, який би забезпечував найкращі результати у всіх випадках. Генетичні алгоритми й ройовий інтелект демонструють високу ефективність при великих просторах пошуку з численними обмеженнями, у той час як алгоритм відпалу підходить для завдань, де важлива швидкість отримання рішення. Нейронні мережі доцільно використовувати в умовах наявності якісного датасету й потреби в адаптації до змінних сценаріїв.

Проблема ефективного складання розкладу набуває особливого значення в контексті зростаючої складності сучасних освітніх процесів. Врахування великої кількості чинників — таких як доступність викладачів, кількість вільних аудиторій, особливості навчальних дисциплін, індивідуальні побажання студентів та викладачів, а також нормативні вимоги — створює значне навантаження на адміністративні ресурси навчальних закладів. Традиційні методи вирішення цієї задачі, які базуються на ручному або частково автоматизованому плануванні, часто виявляються неефективними або занадто трудомісткими при роботі з великим обсягом даних. У зв'язку з цим спостерігається посилений інтерес до використання інтелектуальних алгоритмів, здатних забезпечити не лише ефективне, а й адаптивне планування. Такі методи, як генетичні алгоритми, алгоритм імітації відпалу, ройовий інтелект і штучні нейронні мережі, демонструють високу здатність до самоорганізації, гнучкості та адаптації до змін у вхідних параметрах. У практичному застосуванні вони дозволяють автоматично генерувати якісні розклади, що відповідають великій кількості обмежень і критеріїв оптимальності. Зокрема, гібридні підходи, які поєднують кілька таких методів, дають змогу досягати ще більш високих результатів завдяки об'єднанню сильних сторін кожного з них. Використання інтелектуальних методів для задач складання розкладу відкриває нові можливості в контексті адаптивного управління ресурсами навчальних закладів. Однією з ключових переваг таких підходів є здатність враховувати багатофакторність задачі та швидко реагувати на зміну умов [2]. Наприклад, у разі термінових змін у графіку викладача або виникнення конфліктів між дисциплінами, штучні нейронні мережі можуть адаптувати сформований розклад, не вдаючись до повного перерахунку всіх параметрів. Ройовий інтелект забезпечує ефективний розподіл ресурсів шляхом колективного пошуку оптимального рішення, що є надзвичайно корисним у випадках, коли існує велика кількість комбінацій параметрів. Окремо варто відзначити потенціал комбінування різних підходів. Наприклад, застосування генетичного алгоритму для первинного формування набору розкладів, який потім проходить уточнення за допомогою алгоритму імітації відпалу, дозволяє досягти балансу між глобальним пошуком і локальною оптимізацією. Така взаємодія методів дає змогу не лише уникнути локальних мінімумів, але й забезпечити достатню різноманітність рішень у межах одного процесу. Подібні гібридні системи активно вивчаються в сучасних наукових дослідженнях і вже демонструють високі результати в реальних умовах планування освітнього процесу в університетах та коледжах. Перспективним напрямом є створення гібридних систем, які поєднують переваги розглянутих методів [3]. Наприклад, ГА можна використовувати для генерації стартових рішень, АВ — для локальної оптимізації, ройовий інтелект — для швидкого глобального пошуку, а ШНМ — для прогнозування конфліктів та попередньої класифікації. Такий підхід дозволяє побудувати адаптивну та масштабовану систему складання розкладу, здатну забезпечити високу якість рішень навіть в умовах невизначеності.

Література

1. Xu, J., Wu, H., Cheng, Y., Wang, L., Yang, X., Fu, X., & Su, Y. (2024). Optimization of Worker Scheduling at Logistics Depots Using Genetic Algorithms and Simulated Annealing. arXiv.
2. Huang, Y., Zhang, S., & Wang, B. (2023). An Improved Genetic Algorithm with Swarm Intelligence for Security-Aware Task Scheduling in Hybrid Clouds. *Electronics*, 12(9), 2064.
3. Shao, K., Fu, H., & Wang, B. (2023). An Efficient Combination of Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization for Scheduling Data-Intensive Tasks in Heterogeneous Cloud Computing. *Electronics*, 12(16), 3450.

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПОБУДОВИ ГІБРИДНИХ МОДЕЛЕЙ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ

Шведов Д.С., Рудніченко М.Д., к.т.н., доцент, Тулисов В.А.
Національний університет «Одеська Політехніка»

У сучасних умовах динамічного розвитку цифрової економіки та стрімкого зростання обсягів фінансових даних постає необхідність у розробці високоефективних методів для оцінювання, прогнозування та мінімізації фінансових ризиків. Традиційні статистичні методи, що використовувалися раніше, дедалі більше втрачають свою ефективність у зв'язку з підвищеною складністю й нелінійністю сучасних фінансових процесів [1]. У цьому контексті застосування технологій глибокого навчання та гібридних моделей, які поєднують кілька підходів до моделювання, відкриває нові перспективи в інтелектуальному аналізі ризиків. Метою цієї роботи є розробка методики створення програмної системи для побудови гібридних моделей глибокого навчання, що забезпечують гнучкий і точний аналіз фінансових ризиків на основі складних і неоднорідних даних. Основна частина роботи присвячена розробці та обґрунтуванню методики, яка базується на поетапному формуванні системи з модульною архітектурою. Структура методики передбачає послідовне проходження чотирьох ключових етапів: попередня обробка фінансових даних, побудова базових моделей глибокого навчання, формування гібридної архітектури, а також оцінювання ефективності й адаптація системи до нових даних.

Перший етап передбачає створення уніфікованого механізму для агрегації, очищення та трансформації вхідних фінансових даних. У межах цього етапу використовуються бібліотеки *pandas*, *numpy* та *scikit-learn* для обробки часових рядів, категоріальних змінних і зменшення розмірності. Особлива увага приділяється обробці аномалій і виявленню кореляцій між різними фінансовими індикаторами, такими як зміни валютних курсів, індексів акцій, рівнів інфляції, показників кредитоспроможності тощо.

Другий етап методики стосується побудови базових моделей глибокого навчання, які включають згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі з довготривалою пам'яттю (LSTM), трансформерні архітектури та автокодери. Кожна з цих моделей навчається на окремих підмножинах даних або виконує спеціалізовані завдання, наприклад, прогнозування часових рядів або класифікацію ризиків. Архітектурно моделі реалізуються за допомогою бібліотек *TensorFlow* та *PyTorch* з урахуванням можливості паралельного навчання на графічних процесорах.

Третій етап полягає в інтеграції базових моделей у гібридну структуру за допомогою ансамблювання та методів мета-навчання. Для об'єднання прогнозів використовуються як методи стекингу, так і механізми вагового усереднення результатів моделей залежно від їхньої точності на валідаційних вибірках. У системі реалізовано механізм динамічної адаптації ваг на основі поточних характеристик вхідного потоку даних, що забезпечує підвищену чутливість до змін у ринкових умовах.

Четвертий етап методики передбачає оцінювання ефективності гібридної системи на тестових фінансових сценаріях. Як метрики точності використовуються MAE, RMSE, log-loss, а також спеціалізовані індекси, орієнтовані на вимірювання ризику, зокрема Value at Risk та Conditional Value at Risk. Окрім кількісної оцінки, передбачено візуалізацію внутрішнього стану моделей за допомогою інструментів interpretability, таких як SHAP та LIME, що дозволяє фінансовим аналітикам інтерпретувати прогнози.

Програмна реалізація системи передбачає її модульну побудову на мові Python із застосуванням контейнеризації за допомогою Docker для забезпечення гнучкості в розгортанні. Архітектурно система поділена на окремі модулі: Data Processing Module, Model Training Module, Hybridization Engine, Risk Evaluation Module та Visualization Interface.

Кожен модуль взаємодіє через REST API або внутрішні події, забезпечуючи масштабованість і можливість швидкої інтеграції нових алгоритмів або джерел даних. Для керування експериментами використовується MLflow, що дозволяє зберігати параметри моделей, історію навчання та результати порівняльного аналізу. Особливу увагу приділено побудові тестового середовища на базі симульованих фінансових даних, згенерованих з урахуванням історичних закономірностей і потенційних сценаріїв ринкової нестабільності.

У системі також реалізовано механізм постійного навчання на потокових даних за допомогою інкрементального оновлення моделей, що дозволяє не лише зберігати актуальність прогнозів, але й знижувати ризики, пов'язані з концептуальним зсувом у даних. Важливо, що всі елементи системи інтегруються в загальний фреймворк аналізу ризиків, який може бути використаний як у корпоративному фінансовому менеджменті, так і в банківському або інвестиційному секторах.

Результати апробації розробленої методики були отримані в процесі чисельних експериментів на базі трьох відкритих фінансових наборів даних: набір історичних котирувань акцій компаній із S&P 500, датасет валютних пар FOREX та дані про банківське кредитування малого бізнесу. Для оцінювання ефективності гібридної системи було сформовано низку експериментальних сценаріїв, у яких змінювалися характеристики вибірок, структура моделей та режим роботи (батчеве навчання або інкрементальне оновлення). На першому етапі експериментів система тестувалась на задачі прогнозування значення акцій за горизонтом у 5 торгових днів. Базові моделі LSTM та CNN окремо показали середню абсолютну помилку (MAE) на рівні 1.84% та 2.17% відповідно. Після об'єднання моделей у гібридну структуру з використанням стекингу на базі градієнтного бустингу, MAE було зменшено до 1.49%, що свідчить про ефективність комбінованого підходу. Водночас логарифмічна втрата (log-loss) зменшилася на 18% порівняно з найкращою з базових моделей. У випадку з валютними парами, основним завданням було визначення ризику несприятливого руху курсу на горизонті в 24 години. Гібридна система забезпечила точність класифікації напрямку руху на рівні 78.3%, що на 6–9% вище за результати поодиноких моделей. Система також змогла виявити приховані кореляції між макроекономічними факторами, наприклад, зв'язок між обсягом інтервенцій центральних банків і ймовірністю коливань понад 1.5% у короткостроковій перспективі. Аналіз за допомогою SHAP-показників дозволив ідентифікувати ключові фактори впливу, серед яких домінували динаміка процентних ставок, зміни обсягу торгів та геополітичні індикатори, зібрані з новинних джерел. Найбільш прикладним аспектом апробації стала задача оцінки кредитного ризику для банківського сектору. Датасет містив історію кредитування понад 50 000 заявок малого бізнесу з результатами виконання зобов'язань протягом трьох років. Гібридна система дозволила досягти показника AUC-ROC на рівні 0.91, тоді як найкраща поодинока модель (MLP) давала 0.85. Окрім загальної точності, значно підвищилась здатність моделі уникати хибнонегативних рішень, що критично важливо в контексті ризиків кредитування. В окремих експериментах використовувались симульовані дані з навмисно внесеними зсувами (concept drift), які імітували зміну поведінки позичальників у часі. Гібридна система завдяки модулю інкрементального навчання зберігала стабільність показників точності з відхиленням не більше 3% від базового рівня.

Результати експериментів підтверджують життєздатність і ефективність розробленої методики у різних типах фінансових завдань.

Література

1. He, K., & Sun, J. (2021). Deep learning in finance: Recent developments and future directions. *Journal of Financial Data Science*, 3(1), 1-28.

TECHNOLOGIES FOR THE CONVERSION OF SOLID FOSSIL FUELS FOR THE PRODUCTION OF PROCESS GASES

Zubcov Eu.I. ass. Prof.

Volodymyr Dal East Ukrainian National University

For a long time, the only source of syngas was the conversion of hard coal or coke with water vapor, air, and a steam-oxygen mixture. The first industrial implementation of the solid fossil fuels conversion process was carried out in 1835 year. in Great Britain. Until the 1960s, solid fossil fuels pyrolysis and conversion were widely used in developed countries to meet the need for raw materials for the chemical industry and for hydrocarbon fuels. However, in the 1970s and 1980s, significant changes occurred in the world raw materials and energy balance due to the growth in the production and consumption of oil, associated gas, and natural gas. The attractiveness and competitiveness of gases obtained from solid fuels decreased sharply. Their production was stopped almost everywhere. In the soviet union in the 1950s, over 350 stations with about 2,500 coal conversion units operated. They produced 35 billion m³ per year of power and process gases. In South Africa, the processing of coal into hydrocarbon fuels and liquefied gas continued after the 1960s due to the embargo.

By the end of the 20th century, increased energy consumption, depletion of accessible deposits, and increased complexity of oil and gas production led to an increase in the cost of raw materials. Under these conditions, the process of solid fossil fuels conversion again attracted the attention of science and industry. Artificial gases began to be considered as one of the essential components of the energy and raw material balance. Currently, more than 500 small coal conversion plants operate in the world, and according to the DTI (Department of Trade and Industry of Great Britain), 110 plants operate in 22 countries on an industrial scale. Many companies have begun developing their own solid fossil fuels conversion technologies or are improving previously existing technologies. In the USA, WMPI, PTY, LLC are designing a “clean” energy coal complex. It is planned to use coal waste to generate electricity and heat, as well as to produce liquid ultra-clean fuels. This program is called Clean Coal Power Initiative (CCPI) and is sponsored by the U.S. Department of Energy. It and the industrial alliance developed a joint project to build the Future Gen, which runs on fossil fuels. The project, estimated at \$1 billion, is designed to produce electricity and hydrogen with zero emissions into the atmosphere. The technology will be based on coal conversion.

To date, a number of modifications of industrial processes for the conversion of TGI have been mastered:

air:



steam:



carbon dioxide:



The first, naturally, were oxidation technologies using atmospheric oxygen. However, the reaction products contained a significant amount of nitrogen (up to 50 vol.%) and carbon dioxide (up to 10 vol.%). The most widespread technologies in the late 60s were and remain to this day conversion technologies, which have their own fundamental features. By the early 70s of the twentieth century, three types of conversion units were implemented on an industrial scale:

- in a stationary layer of lump coal, the process is characterized by a low rate of decomposition of the blast water vapor, the need for its additional consumption to prevent the fusion and sintering of ash, and the content of higher hydrocarbons and phenols in the gas;

- in a fluidized bed of coal particles (pulverized coal flow), characterized by high (up to 20–30 mass%) losses of unreacted coal carried out of the reactor, high sensitivity to changes in the gas-dynamic regime, the need for special equipment and high oxygen consumption;
- in a water-coal suspension, with heat consumption for water evaporation and increased specific oxygen consumption of 400–450 m³ per 1000 m³ syngas.

In these processes, a steam-oxygen mixture is used as an oxidizer. The use of oxygen and water vapor increases the cost of raw materials. The content of carbon dioxide in the reaction products is ~ 30 vol. %, and the amount of nitrogen has decreased to 1 vol. % or less. Such technologies require additional costs for the construction of air separation stations to obtain oxygen. At various times, more than 800 installations were in operation.

Thus, the known industrial technologies of coal conversion use combined reactors in which endothermic reactions of coal conversion and exothermic reactions of its oxidation occur simultaneously.