



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 СНУ 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. – 287 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	
Решітнік 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	
Логунов 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 CAD-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., Tertysnyk 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	
Макарь 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

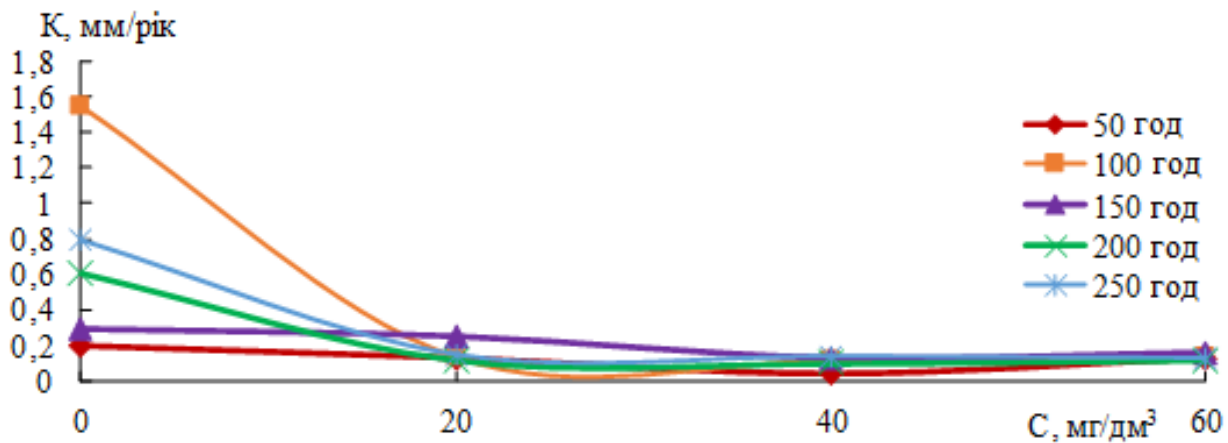


Рис. 1. Залежність швидкості корозії Ст.3 у оборотній воді підприємства 3 у присутності інгібітора

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.