



COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS



ISSUE
№15

1ST INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE

GLOBAL TRENDS IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND ECONOMY

APRIL 16-18, 2025
GRAZ, AUSTRIA





INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

1st International Scientific and Practical Conference
**«Global Trends in Science, Technology, and
Economy»**

Collection of Scientific Papers

April 16-18, 2025
Graz, Austria

UDC 01.1

Global Trends in Science, Technology, and Economy: Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity" with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. April 16-18, 2025. Graz, Austria. 328 p.

ISBN 979-8-89704-984-4 (series)

DOI 10.70286/ISU-16.04.2025

The conference is included in the Academic Research Index ReserchBib International catalog of scientific conferences.

The collection of scientific papers "International Scientific Unity" presents the materials of the participants of the 1st International Scientific and Practical Conference "Global Trends in Science, Technology, and Economy" (April 16-18, 2025).

The materials of the collection are presented in the author's edition and printed in the original language. The authors of the published materials bear full responsibility for the authenticity of the given facts, proper names, geographical names, quotations, economic and statistical data, industry terminology, and other information.

The materials of the conference are publicly available under the terms of the CC BY-NC 4.0 International license.

ISBN 979-8-89704-984-4 (series)



© Participants of the conference, 2025

© Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity", 2025

Official site: <https://isu-conference.com/>

CONTENT

SECTION: ACCOUNTING AND TAXATION

Діхтяренко Я.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У
СФЕРІ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ 14

Шрам Т.В., Соловей І.О.

ПРОБЛЕМИ ОБЛІКУ ТА ОПОДАТКУВАННЯ КРИПТОВАЛЮТИ В
УМОВАХ ЗАКОНОДАВЧОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ..... 16

Проскуріна Н.М., Графська Д.С.

ГУДВІЛ ЯК ІНВЕСТИЦІЯ ШЛЯХОМ ВИКУПУ БІЗНЕСУ..... 20

SECTION: AGRICULTURAL SCIENCES

Карпенко В.В.

ЧИСЕЛЬНІСТЬ ВІЛЬНОЖИВУЧИХ АЗОТФІКСУВАЛЬНИХ
МІКРООРГАНІЗМІВ У РИЗОСФЕРІ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО ЗА
ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ..... 24

Заболотний О.І.

ВЛИВ БІОПРЕПАРАТІВ З ФУНГІЦИДНОЮ ДІЄЮ НА ДИНАМІКУ
ФОРМУВАННЯ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ РОСЛИН ПШЕНИЦІ
ОЗИМОЇ..... 26

SECTION: ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

Войко Н.Ю., Вінніченко С.Ю.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВІДНОВЛЕННЯ ТА БЛАГОУСТРОЮ
ЦЕНТРАЛЬНОЇ ПЛОЩІ СЕЛА БИШІВ..... 29

Шебек Н.М., Вінніченко С.Ю.

ФОРМУВАННЯ МІСТОБУДІВНОЇ МОДЕЛІ СТІЙКОСТІ
ТЕРИТОРІЇ БИШІВСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ ГРОМАДИ КИЇВСЬКОЇ
ОБЛАСТІ..... 34

Savchenko A., Prokhorova D.

LEGAL CHALLENGES FACED BY CONSERVATION ARCHITECTS
IN THE DOCUMENTATION OF UKRAINE'S CULTURAL HERITAGE
DURING WARTIME..... 40

Савченко А., Герцог Е. АРХІТЕКТУРНА СПАДЩИНА ТА ПРАВО: ЯК ЗБЕРЕГТИ МИНУЛЕ, НЕ ВТРАТИВШИ МАЙБУТНЄ.....	43
Савченко А., Потапова Є. ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ.....	46
Савченко А., Сабій О. ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ РЕСТАВРАЦІЙНИХ РОБІТ В УКРАЇНІ З ТОЧКИ ЗОРУ ІСТОРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ НА ПРИКЛАДІ КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКОЇ ФОРТЕЦІ.....	49
Болгарова Н., Козак Н. АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ АДАПТАЦІЇ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА ДО ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗАМОВНИКА.....	53
Gordienko O.O. THE ROLE OF SEMANTIC CONTENT AND IMAGERY IN THE DESIGN OF NATURAL LANDSCAPES OF CITIES.....	55
Савченко А., Левицька Є. АРХІТЕКТУРА ПІСЛЯ КРИЗИ: ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ У ВОЄННИЙ ТА ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС.....	64
Куцало О. МІСТОБУДІВНІ ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ СОЦІАЛЬНОГО ЖИТЛА.....	67
SECTION: BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY	
Коц С.М., Коц В.П., Попіль Л.О., Кліментьєва О.О. ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СИЛИ ВОЛІ.....	71
Дехтярьова О.О., Каденко І.В., Сачава К.О. ВПЛИВ ПСИХОАКТИВНИХ РЕЧОВИН НА РЕПРОДУКТИВНЕ ЗДОРОВ'Я ПІДЛІТКІВ.....	73
Sabiya Jabrayilzade, Sanubar Aslanova SOME DISEASES OF APPLE PLANTS OCCURRING IN THE TALYSH ZONE (AZERBAIJAN).....	77

Sabiya Jabrayilzade, Sanubar Aslanova SEPTORIA DISEASE OF APPLE PLANTS OCCURRING IN THE TALYSH ZONE.....	79
Parvin Gafarova, Sanubar Aslanova THE IMPORTANCE OF THE APPLICATION OF ICT IN THE TEACHING OF BIOLOGY.....	82
Стадниченко А.П., Іконнікова Ю.В. СТАН ТА СТРАТЕГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ПРІСНОВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН.....	83
Parvin Gafarova, Sanubar Aslanova APPLICATION OF CREATIVE LEARNING METHODOLOGIES IN TEACHER'S TRAINING PROCESS.....	87
SECTION: CHEMISTRY AND PHARMACEUTICALS	
Стецьків А.О., Гаврищук Л.М. ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ СТАНІДУ $Gd_{1-x}Na_xSn_2$ ($x = 0,1$).....	89
Дядюн Т.В., Рижук А.М., Тетерич Н.В. ПОРІВНЯННЯ УКРАЇНСЬКИХ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИХ ВИМОГ ДО ПАКОВАННЯ ТА МАРКОВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ.....	90
SECTION: COMPUTER ENGINEERING	
Павленко Є.М., Сердюк Н.М. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ ХМАРНИХ СІ/CD-ПАЙПЛАЙНІВ.....	93
SECTION: ECONOMY	
Самойленко Т.В., Петроє О.М. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	96
Марущак С. СЕНС ДЕФІНІЦІЇ «СТІЙКИЙ РОЗВИТОК СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ».....	100

Lema H., Lema O., Ohirko B. PECULIARITIES OF THE KNOWLEDGE ECONOMY AND DIGITAL PROCESSES IMPACT TO THE NATIONAL DEVELOPMENT: A CASE STUDY FROM UKRAINE.....	103
---	-----

Гринюк Ю.М., Безпалько О.В. КРАУДФАНДИНГОВІ ПЛАТФОРМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФІНАНСУВАННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКИХ ТА СОЦІАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ.....	105
--	-----

Pekhnyk A., Pona S.O. THE IMPACT OF DIGITALIZATION ON THE DEVELOPMENT OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES) IN UKRAINE.	107
---	-----

SECTION: FINANCE AND BANKING

Юрій Е.О. ФІНАНСОВИЙ МОНІТОРИНГ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РИЗИКАМИ ПІДПРИЄМСТВА.....	110
--	-----

SECTION: GEOGRAPHY AND NATURAL SCIENCE

Царик Л.П., Царик П.Л., Царик В.Л. ГЕОЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ВОДОСХОВИЩ В МЕЖАХ СЕРЕТСЬКОГО ЕКОКОРИДОРУ.....	113
--	-----

SECTION: HISTORY

Ющук М., Кухарик І. РАЙХСКОМІСАРІАТ УКРАЇНИ: ІСТОРІЯ ТА СВІДЧЕННЯ ОЧЕВИДЦІВ.....	117
---	-----

Лозицький О.В. ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ЧЕРНІГІВЩИНИ У 2019– 2021 РОКАХ.....	120
---	-----

SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY & CYBERSECURITY

Столик Д.О., Бакицький Т.Д., Стецик Р.М., Хоменка А.Р., Лучик С.Д. ВПЛИВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС.....	124
---	-----

Khyzhniak A., Prila O.

MODELING AND IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR
AUTOMATIZED GENERATION AND EVALUATION OF
PERSONALIZED PRACTICAL ASSESSMENTS..... 126

Ziętarski Mateusz, Moravetskyi Nazarii

CYFROWE POLE KONFLIKTU – CYBERZAGROŻENIA I
SZTUCZNA INTELIGENCJA W OBRONIE INFRASTRUKTURY
MIEJSKIEJ..... 129

SECTION: INTERNATIONAL RELATIONS

Гетманенко О., Грицик Н., Корнаш Ю., Вигодованець Ю.

МАКРОЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ ДЛЯ УКРАЇНИ:
ДЕТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ..... 133

SECTION: JURISPRUDENCE

Марченко О.В., Хархарова М.Е.

КОЛЕКТИВНІ ТРУДОВІ СПОРИ (КОНФЛІКТИ) В УМОВАХ
ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ..... 137

Вергун В.А., Єсімов С.С.

ПРАВОВИЙ СТАТУС ОРГАНІВ ДЕРЖАВНОЇ ВЛАДИ У
ПОДАТКОВИХ ПРАВОВІДНОСИНАХ: ТЕОРЕТИЧНІ ТА
ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ..... 139

Пипяк М., Кулібабчук І.

ТРАНСФОРМАЦІЯ БАНКІВСЬКОГО ПРАВА У КОНТЕКСТІ
ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ..... 142

Омельчук Д.О.

КРИМІНАЛЬНО-ПРАВОВА ОХОРОНА ТАЄМНИЦІ У СФЕРІ
ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ: ПОСТАНОВКА
ПРОБЛЕМИ..... 146

Геєць І.В., Хомінець Т.В.

ПОВНОВАЖЕННЯ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО
СТАНУ: ПРАВОВІ МЕЖІ ТА ВИКЛИКИ..... 150

Овчаренко А.О., Андрєєва О.В.

ПОРІВНЯЛЬНО-ПРАВОВИЙ АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ
РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ В УКРАЇНІ ТА США.. 153

SECTION: MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION

Мармаза О.

ВИМОГИ ДО УПРАВЛІННЯ ЗАКЛАДОМ ОСВІТИ У КОНТЕКСТІ
МОДЕРНІЗАЦІЇ ОСВІТИ..... 158

Коломацький В.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ
УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИМ РОЗВИТКОМ РЕКРЕАЦІЙНИХ
ПІДПРИЄМСТВ..... 162

Франт Ю.В.

HR-ПРАКТИКИ В ЕПОХУ VUCA: АНАЛІЗ ЗМІН ТА НОВИХ
ВИКЛИКІВ..... 167

Кузь А.В.

УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ НА «ЗЕЛЕНОМУ» ШЛЯХУ:
ЩО ЗМІНЮЄ ГРУ?..... 169

Хоменко О.

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРАВООХОРОННОЇ ФУНКЦІЇ ЯК НАПРЯМОК
ДІЯЛЬНОСТІ СУЧАСНОЇ ДЕМОКРАТИЧНОЇ ДЕРЖАВИ..... 171

SECTION: MARKETING AND ADVERTISING

Криворучко О., Никифорок М.

ФОРМУВАННЯ КАНАЛІВ ЗБУТУ ПРОДУКЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО
СПОЖИВЧОГО РИНКУ..... 175

SECTION: MEDICINE

Dvoiashkina Ju., Novokhatnia A., Yakovenko O., Khomenko L.

GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE: CURRENT
UNDERSTANDING OF PATHOGENESIS, DIAGNOSIS AND
TREATMENT..... 177

Фіщук С.М., Демічева В.Є., Мельник Б.І.

МОЖЛИВОСТІ ГІБРИДНИХ МЕТОДІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У
ДІАГНОСТИЦІ РАКУ ГРУДНОЇ ЗАЛОЗИ..... 179

Стіба А.В. Кравченко А.В.

МЕЛАЗМА: ПАТОГЕНЕЗ, ФАКТОРИ РИЗИКУ ТА ЕФЕКТИВНІ
МЕДОТИ ЛІКУВАННЯ..... 181

Давиденко О.М., Луців Ю.І. ЛАЙМ-БОРЕЛІОЗ: ЕПІДЕМІОЛОГІЯ ТА ПРОФІЛАКТИКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	185
Скрипник І.Л., Шнайдер С.А. КЛІНІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИСТРАКЦІЙНОЇ ОСТЕОГЕНЕЗІЇ ТА ОРТОГНАТИЧНОЇ ХІРУРГІЇ ПРИ КОРЕКЦІЇ МЕЗІАЛЬНОГО ПРИКУСУ У ПАЦІЄНТІВ З АНОМАЛІЯМИ РОЗВИТКУ ВЕРХНЬОЇ ЩЕЛЄПИ.....	188
Малий Д.Ю., Шнайдер С.А. КЛІНІЧНІ ПРОЯВИ ТА СКАРГИ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ І ТА ІІ ТИПУ НА ТЛІ АВТОІМУННОГО ТИРЕОЇДИТУ..	190
Otroshchenko N., Telega I. RESEARCH OF CURRENT PSYCHOPATHOLOGICAL PROBLEMS OF DEPRESSION AND SUICIDE USING THE VOSVIEWER TOOL....	192
Ячменюва Е.С., Данько Ю.С., Сікало Ю.К ОГЛЯД ДІЄТИЧНИХ СТРАТЕГІЙ В ЛІКУВАННІ НАДМІРНОГО БАКТЕРІАЛЬНОГО РОСТУ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА У ПАЦІЄНТІВ ІЗ СИНДРОМОМ ПОДРАЗНЕНОГО КИШЕЧНИКА.....	196
Риндіна Н.Г., Бойко І.С. РОЛЬ ЛІМФОЦИТІВ IL-17 ТА Th17 ПРИ АУТОІМУННИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ.....	199
Адубецька А.Ю., Шнайдер С.А., Деньга О.В. ВПЛИВ ЛІКУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА АНТИОКСИДАНТНО- ПРОКСИДАНТНИЙ БАЛАНС У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ПІСЛЯ ФІКСАЦІЇ ІМПЛАНТАТУ.....	201
Пухлік С.М., Тігаренко О.В., Євчев Ф.Д., Лісовецька В.С. ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ДІАГНОЗ ДОБРОЯКІСНОГО ПАРОКСИЗМАЛЬНОГО ПОЗИЦІЙНОГО ЗАПАМОРОЧЕННЯ.....	203
Бузівська Я.Р., Полевська В.О., Щербакова С.О., Негода Ю.С., Пономаренко Н.С. ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В МЕДИЦИНІ	205
SECTION: MICROBIOLOGY AND ECOLOGY	
Salamakha I., Lysak G., Hordiichuk L., Hordiichuk N. TECHNOLOGIES FOR THE PROTECTION OF BIOGEOCENOSSES FROM ECOSYSTEM DESTRUCTION.....	208

Адамів С.С. ВПЛИВ БОЙОВИХ ДІЙ НА АГРОСФЕРИ ТА АГРОЛАНШАФТИ....	211
--	-----

SECTION: MILITARY AFFAIR

Verovkin V. CLASSIFICATION AND FUNCTIONAL OVERVIEW OF INTELLIGENCE SYSTEMS FOR COUNTERING HYBRID AND CYBER THREATS.....	216
---	-----

SECTION: OCCUPATIONAL HEALTH

Віштак І., Ховрак О. БЕЗПЕКА ПРАЦІ В МАРКЕТИНГОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....	219
--	-----

SECTION: PEDAGOGY, PHILOLOGY AND LINGUISTICS

Kolesnykov K. REFORMATION OF THE TRAINING MODEL FOR FUTURE SPECIALISTS IN PHYSICAL CULTURE AND SPORTS THROUGH THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES.....	223
--	-----

Ярошенко Марія Віталіївна ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В 1 КЛАСІ НУШ.....	226
---	-----

Turchenko Valeriia MODERN APPROACHES TO MULTILINGUAL COMPETENCE FORMATION OF ENGINEERING AND PEDAGOGICAL STUDENTS.	229
---	-----

Висицька Світлана Миколаївна ЛЕКСИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОЕЗІЇ РАЙНЕРА МАРІЇ РІЛЬКЕ.....	231
--	-----

Синиця В.Г., Перепада В.О. КОМБІНАЦІЯ ПРОСТОРОВИХ ПРЕФІКСІВ У СКЛАДІ ЛАТИНСЬКИХ МЕДИЧНИХ ТЕРМІНІВ.....	234
---	-----

Мельничук О.В., Сорочинська О.А. ПЛАНУВАННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ В ЗДО.....	237
--	-----

Mykytenko I. USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING FOREIGN LANGUAGE GRAMMAR.....	240
Танська В., Кучерук А. ФОРМУВАННЯ ЗДОРОВ'ЯЗБЕРЕЖУВАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ В УЧНІВ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ..	242
Pasichnyk M. ESSENCE OF THE CONCEPT OF MULTILINGUAL COMPETENCE AS GOALS AND CONTENTS OF TEACHING FOREIGN LANGUAGES TO STUDENTS OF TEACHER-ENGINEERING SPECIALTIES.....	245
Невмержицька В.В., Бондар І.О. МЕТОДИКА РОЗВИТКУ ЗВ'ЯЗНОГО МОВЛЕННЯ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З ВАДАМИ МОВЛЕННЯ.....	247
Пономаренко Т.О., Науменко М.С. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ УПРАВЛІНСЬКОЇ ТВОРЧОСТІ МАЙБУТНІХ КЕРІВНИКІВ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ.....	249
Ковальчук С.О., Корнєєва О.М. ЕТИМОЛОГІЯ ДЕЯКИХ НАЗВ МЕДИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ.....	255
Шовкопляс Ю., Каніболоцька О. ВИКЛАДАННЯ ІСПАНСЬКОЇ ЯК ІНОЗЕМНОЇ МОВИ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПЕРСПЕКТИВИ Й ВИКЛИКИ.....	256
Долінчук І.О., Гарбузюк А.Р. ШЛЯХИ СПІВПРАЦІ АСИСТЕНТА ВЧИТЕЛЯ З БАТЬКАМИ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ.....	259
Tilniak N. THE IMPACT OF THE INTERNET ON STUDENTS' COMMUNICATIVE COMPETENCE.....	261
Дядюра Г.М. МОВНІ ЗАСОБИ ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕПРЕЗЕНТАЦІЇ ЗНАНЬ І ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО ТЕКСТУ.....	263

SECTION: PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Нестеренко М.Г., Нестеренко О.І., Сахно В.М. МЕТОД ЧИСЕЛЬНОГО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ СТЕФАНА ДЛЯ БАГАТОФАЗНОЇ ДИFUЗІЙНОЇ СИСТЕМИ З РУХОМИМИ ГРАНИЦЯМИ ФАЗ.....	266
--	-----

Ковальов С., Кудрявцев І. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЛУЖНОГО ЕЛЕКТРОЛІЗУ ВОДИ.....	272
---	-----

SECTION: PHYSICAL EDUCATION AND SPORT

Гета А.В. СУТНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІЗИЧНОЇ РЕКРЕАЦІЇ.....	277
---	-----

SECTION: PHYSICS AND ASTRONOMY

Образков О., Кудрявцев І. ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОВІСНОЇ СИСТЕМИ ВІДСТЕЖЕННЯ СОНЦЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ УПРОДОВЖ РОКУ.....	282
---	-----

SECTION: POLITICS AND SOCIOLOGY

Чебаник В.І. ДЕФІНІЦІЯ «НАЦІЯ» У ТЕОРЕТИЧНІЙ СПАДЩИНІ М.П. ДРАГОМАНОВА ТА В.Б. АНТОНОВИЧА: ПОЛІТОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ.....	286
---	-----

SECTION: PSYCHOLOGY

Яновська Т.А., Гончарова Н.О., Харченко А.С. КОРЕКЦІЯ КОНФЛІКТНОЇ ПОВЕДІНКИ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ ЗАСОБАМИ ЗООТЕРАПІЇ.....	289
---	-----

Федик О.В., Федик О.І. ЕМОЦІЙНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК РЕСУРС ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ОСОБИСТОСТІ.....	292
---	-----

Кузьменко А.О., Пилипченко А.С. ВПЛИВ МОВИ НА ФОРМУВАННЯ СЕМАНТИЧНОГО ПРОСТОРУ ОСОБИСТОСТІ.....	296
--	-----

SECTION: TECHNICAL SCIENCES

Черненко Н., Бейко Є., Пхайко О.

СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ БПЛА: РІЗНОМАНІТНІСТЬ
ЗАСТОСУВАННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ВИДІВ..... 301

Akbarov Alikram, Vagifli Fuad, Ibrahimov Abbas, Huseynov Elvin

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND
AUTOMATION IN AGRICULTURE..... 306

Roslyakov O., Yermolenko S.

MODULAR OPTICAL MONITORING SYSTEM FOR AQUATIC
ENVIRONMENTS..... 309

**Савенко В.И., Нестеренко И.С., Ключева В.В., Полосенко А.В.,
Куликов П.М.**

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ОТНОШЕНИЙ УЧЕНЫХ С ГОСУДАРСТВЕННЫМИ
ИНСТИТУТАМИ ВЛАСТИ..... 312

Яцела С., Погрібний В.

ІННОВАЦІЇ В ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННІ ТА ОСВІТЛЕННІ:
ЕНЕРГЕТИЧНА АВТОНОМІЯ, РОЗУМНІ МЕРЕЖІ ТА
ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ..... 319

SECTION: TRANSPORT TECHNOLOGIES AND LOGISTICS

Vdovychenko V., Kuzmin A., Zinoviev D.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF STOCHASTIC CONDITIONS ON
THE EFFICIENCY OF CARGO DELIVERY BY ROAD IN THE
DIRECTION OF EASTERN - WESTERN UKRAINE..... 323

**SECTION: PHYSICAL AND
MATHEMATICAL SCIENCES**

**МЕТОД ЧИСЕЛЬНОГО РІШЕННЯ ЗАДАЧІ СТЕФАНА
ДЛЯ БАГАТОФАЗНОЇ ДИФУЗІЙНОЇ СИСТЕМИ
З РУХОМИМИ ГРАНИЦЯМИ ФАЗ**

Нестеренко Микола Григорович

к.ф.-м.н., доцент

Кафедра програмного забезпечення
інформаційно-вимірювальної техніки

Український державний хіміко-технологічний університет

Нестеренко Олександр Іванович

д.ф.-м.н., професор

Кафедра енергетики

Український державний хіміко-технологічний університет

Сахно Вячеслав Миколайович

к.ф.-м.н., доцент

Кафедра вищої математики, фізики

та загальноінженерних дисциплін

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

З розвитком обчислювальної техніки і прогресом в області моделювання фізико-хімічних процесів особливої актуальності набувають способи підвищення точності алгоритмів і методів розрахунку математичних моделей.

Дана робота присвячена проблемі Стефана, до якої зводяться задачі теплопереносу з фазовим переходом рідина - тверде тіло і дифузійного масопереносу з фазовими перетвореннями в твердому тілі (розпад твердих розчинів, нанесення дифузійних покриттів).

В роботі розглядається новий чисельний метод розрахунку задачі Стефана в багатофазних системах, який ґрунтується на неявній різницевій схемі. Цей метод використовує апроксимацію градієнта дифузанта нелінійною функцією безпосередньо біля рухомих міжфазних границь.

Раніше авторами пропонувався метод, заснований на використанні неявної різницевої схеми, що дозволяє визначити значення функції у новоствореному вузлі просторової сітки, без зміни часового кроку. Це метод “допоміжної сітки” [1]. Цей метод дозволяв розв’язати вищезгадані проблеми, але введення “допоміжної сітки” веде до значного ускладнення алгоритму розрахунку.

У даній роботі запропоновано метод, який дозволяє значно поліпшити точність розрахунку, водночас не ускладнюючи алгоритм.

Сутність розробки полягає у мінімізації похибки розрахунку градієнта концентрації поблизу рухомої міжфазної границі шляхом використання

нелінійної апроксимуючої функції. Це, в свою чергу, дозволить оптимізувати схему розрахунку, підвищити її точність та забезпечить можливість застосування такого алгоритму для розв'язання широкого кола задач, пов'язаних з багатофазною, багатовимірною структурою дифузійної області та широким спектром граничних умов на зовнішніх межах дифузійної системи.

Основний матеріал.

Процеси масопереносу в багатофазних дифузійних системах під час формування захисних дифузійних покриттів на металах, а також під час їх експлуатації за підвищених температур, у більшості випадків, є визначальними у формуванні та еволюції структури і складу фаз, що утворюються. Ці процеси впливають на геометрію включень та фазовий склад, формують концентраційний профіль дифузійної зони. Виявлення лімітуючого процесу, що визначає структуру захисного покриття, можливе за допомогою математичного моделювання дифузійної кінетики. Розробка чисельних методів розв'язання такого класу задач не втратила актуальності і в наш час.

Для аналізу запропонованого методу розглянемо одновимірну задачу дифузійного насичення з поверхні матриці основи металу елементом, який може утворювати з металом основи різні інтерметалідні фази.

Дифузія елемента насичення в матрицю основи металу за наявності кількох фаз описується системою диференціальних рівнянь другого порядку в частинних похідних на основі другого закону Фіка:

$$\frac{\partial C_q(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_q(T, C_q) \frac{\partial C_q(x,t)}{\partial x} \right), \quad (1)$$

де $q = 1, 2, \dots, Q$ – номер фази, відлік починається від зовнішньої поверхні $x=0$.

Початковий розподіл концентрації дифузанта в кожній q -тій фазі, граничні умови на зовнішній межі та в кінці дифузійної зони (L – довжина дифузійної зони) запишуться у такому вигляді:

$$C_q(x, 0) = \varphi_q(x), C_1(0, t) = \varphi_1(t), C_Q(L, t) = \varphi_2(t). \quad (2)$$

Систему рівнянь (1)–(2) необхідно доповнити граничними умовами та рівнянням балансу маси на всіх внутрішніх рухомих границях:

$$C_q(x, t)|_{x=\Gamma_q(t)-0} = C_q^{q+1}(t), C_{q+1}(x, t)|_{x=\Gamma_q(t)+0} = C_{q+1}^q(t), \quad (3)$$

$$-D_q(T, C_q) \frac{\partial C_q}{\partial x} |_{x=\Gamma_q} = -D_{q+1}(T, C_{q+1}) \frac{\partial C_{q+1}}{\partial x} |_{x=\Gamma_q} + (C_q^{q+1}(t) - C_{q+1}^q(t)) \frac{d\Gamma_q}{dt}, \quad (4)$$

де $\Gamma_q(t)$ – границя розмежування q -ї і $(q+1)$ -ї фаз.

Таким чином, система рівнянь (1) - (4) описує еволюцію структури та складу багатофазної дифузійної системи за наявності Q рухомих міжфазних границь. Більш детальний опис цієї математичної моделі наведено у роботі [2].

У дифузійній задачі Стефана положення рухомої границі розділу фаз визначається з рівняння балансу мас (4) для елемента дифузії на цій границі Γ_q . Так як потоки елемента дифузії задаються градієнтами його концентрації, то точність визначення концентрацій поблизу рухомої границі і точність різницевої апроксимації першої похідної впливають на точність визначення положення Γ_q міжфазної границі.

Традиційна різницева апроксимація рівняння дифузії в регулярних вузлах

рівномірної сітки за неявною схемою для одно-, дво- та тривимірних задач проводиться з точністю порядку (h^2, τ) [3], де h -просторовий крок сітки, τ - крок сітки за часом. У разі явного виділення границі розділу фаз [4-6], завжди існує приграничний вузол ip' , відстань від якого δ до рухомої границі менше кроку просторової сітки $\delta < h$ (рис.1). Тому апроксимація рівняння дифузії в цьому вузлу проводиться на нерівномірній сітці, що призводить до зниження точності до порядку (h, τ) .

Отже, чисельне рішення рівняння дифузії в межах однієї фази може давати найбільші помилки значень концентрацій елементу дифузії саме поблизу рухомої границі, що надалі вплине на точність визначення положення координати Γ_q цієї границі.

Як правило, різницева апроксимація градієнтів у рівнянні балансу (4) на рухомій границі проводиться за двоточною схемою, що включає приграничний вузол і саму міжфазну границю. Точність такої апроксимації першої похідної виявляється порядку (h, τ) , що узгоджується з точністю різницевої апроксимації рівняння дифузії в приграничному вузлі.

Дослідженню можливостей підвищення точності визначення положення границі розділу фаз, які не призводили б до суттєвого ускладнення алгоритму розрахунку та швидкості його виконання, присвячена ця робота.

Використання неявної схеми обчислення концентрації дифузійного елемента в межах однієї фази призводить до придушення будь-яких випадкових помилок, що виникають у процесі розрахунку, і не повинно призводити до накопичення помилки у приграничному вузлу.

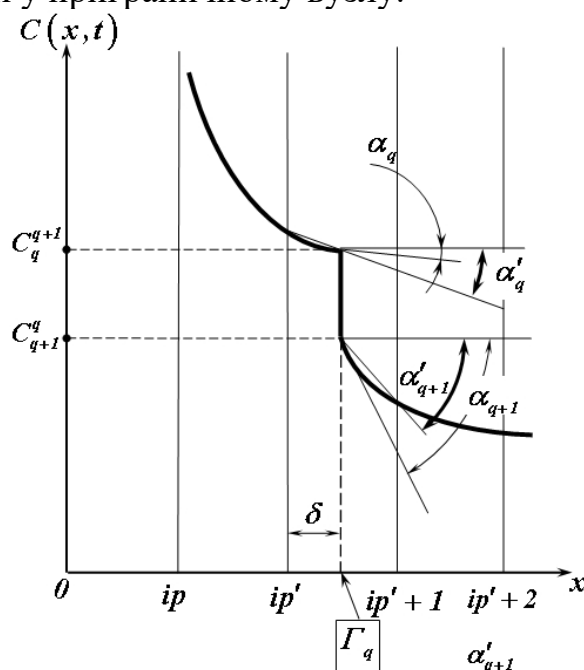


Рис. 1. Принципова схема залежності концентрації дифузійного елемента у фазах в околі рухомої міжфазної границі.

Відомо, що реальний розподіл концентрацій дифузійного елемента в межах однієї фази є увігнутою безперервною функцією координат. Тому апроксимація першої похідної за двоточною схемою завжди дає трохи завищене значення

градієнта (рис. 1) у фазі, що має більшу концентрацію дифузійного елемента і трохи знижує градієнт у фазі з меншою концентрацією дифузійного елемента.

Такі системні помилки обчислення градієнтів (рис. 1) призводять до збільшення швидкості V_{Γ_q} руху границі $V_{\Gamma_q} = \frac{d\Gamma_q}{dt}$.

Покажемо це. На рис.1 наведено принципову схему залежності концентрації дифузійного елемента у фазах в околі рухомої міжфазної границі. Тут α_q , α_{q+1} - це аналітичні значення кутів нахилу дотичних на міжфазній границі в точках $x=\Gamma_{q-0}$ і $x=\Gamma_{q+0}$, відповідно. А α'_q , α'_{q+1} - значення кутів нахилу відрізків на межфазній границі, які використовуються у процесі різницевої апроксимації градієнтів.

Ясно, що завжди виконуватимуться нерівності: $\alpha'_q > \alpha_q$ і $\alpha'_{q+1} < \alpha_{q+1}$. Тобто в результаті різницевої апроксимації потік дифузійного елемента а до міжфазної границі буде завжди більшим за істинний. З тієї ж причини потік дифузійного елемента а від міжфазної границі завжди буде менше істинного, що і призведе до завищення швидкості руху границі розділу фаз.

Згодом, коли реальний розподіл концентрації дифузійного елемента наближається до лінійного, помилки обчислення градієнтів зменшуються, а швидкість руху межі розділу фаз буде наближатися до аналітичного значення.

Зменшення систематичної помилки апроксимації градієнта на міжфазній границі можливе двома способами:

- 1) використанням нелінійних апроксимуючих функцій;
- 2) підвищенням точності апроксимації градієнта за рахунок збільшення точок просторової сітки, які використовуються для апроксимації.

Збільшення точок просторової сітки завжди пов'язано з значним збільшенням навантаження на схему розрахунків і, як наслідок, зростання часу чисельних розрахунків.

Тому, в цій роботі, перевагу надали використанню нелінійних апроксимуючих функцій.

Всі існуючі аналітичні рішення рівняння дифузії показують, що розподіл концентрації дифузійного елемента описується erf або erfc – функціями.

В загальному випадку у будь-який момент часу такі функції можуть мати вигляд: $y(x)=m-a \cdot \text{erf}(\sqrt{b} \cdot x)$. Тут m , a , b - сталі. Знайдемо похідну від цієї функції в точці $x = \Gamma_{q-0}$, тобто з лівої сторони границі Γ_q :

$$\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{\Gamma_{q-0}} = -a_L \cdot \frac{2\sqrt{b_L}}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp(-b_L x^2) \quad (5)$$

Тут індекс L означає: left, - «з лівої сторони границі Γ_q ».

Враховуючи формулу кінцевих прирощень Лагранжа і, знаючи значення концентрації c_q^{q+1} дифузійного елемента (рис. 1) на рухомій границі Γ_q та в найближчих приграничних вузлах сітки i_p та i_p' , запишемо двоточкову різницеву апроксимацію градієнтів на відрізках $(i_p' - \Gamma_q)$ та $(i_p - i_p')$ для визначення невідомих констант a_L та b_L :

$$\frac{c_q^{q+1} - c_{i_p'}}{\Gamma_q - x_{i_p'}} = a_L \cdot \frac{2\sqrt{b_L}}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp(-b_L x_1^2) \quad (6)$$

$$\frac{c_{ip'} - c_{ip}}{x_{ip'} - x_{ip}} = a_L \cdot \frac{2\sqrt{b_L}}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp(-b_L x_2^2) \quad (7)$$

Тут x_1 і x_2 - деякі точки, що знаходяться всередині відрізків $\Gamma_q - x_{ip'}$ і $x_{ip'} - x_{ip}$, відповідно. Якщо врахувати що функція розподілу концентрацій у межах однієї фази є монотонною гладкою функцією, то можна припустити, що точки x_1 і x_2 знаходяться приблизно в середині відповідних інтервалів і для них справедливі наступні співвідношення:

$$x_1 = \frac{\Gamma_q + x_{ip'}}{2} \quad x_2 = \frac{x_{ip'} + x_{ip}}{2} \quad (8)$$

Вирішуючи систему рівнянь (5 - 8) щодо a_L і b_L , отримуємо вираз:

$$\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{\Gamma_q - 0} = \frac{c_q^{q+1} - c_{ip'}}{\Gamma_q - x_{ip'}} \cdot \exp \left(b_L \left(\left(\frac{\Gamma_q + x_{ip'}}{2} \right)^2 - \Gamma_q^2 \right) \right) \quad (9)$$

Вираз (9) являє собою значення лінійної апроксимації першої похідної ліворуч від міжфазної границі, помножене на експоненціальний множник, показник якого завжди негативний.

Таким чином, завищення значення першої похідної при її лінійній апроксимації буде компенсовано множенням на експоненціальний множник, значення якого завжди менше одиниці і завищення першої похідної буде зменшуватися, наближаючись до істинного.

Зробивши аналогічні розміркування, можна отримати також лінійної апроксимації першої похідної праворуч від міжфазної границі.

Розрахунки показують, що експоненціальний множник, в цьому випадку, буде більше одиниці і занижене значення першої похідної збільшуватиметься, наближаючись до істинного.

Для визначення дієвості і точності запропонованого методу було проведено порівняння чисельного розрахунку і аналітичного рішення для класичної двофазної задачі Стефана. Зрозуміло, що найяскравішим індикатором точності розрахунків є динаміка руху міжфазної границі.

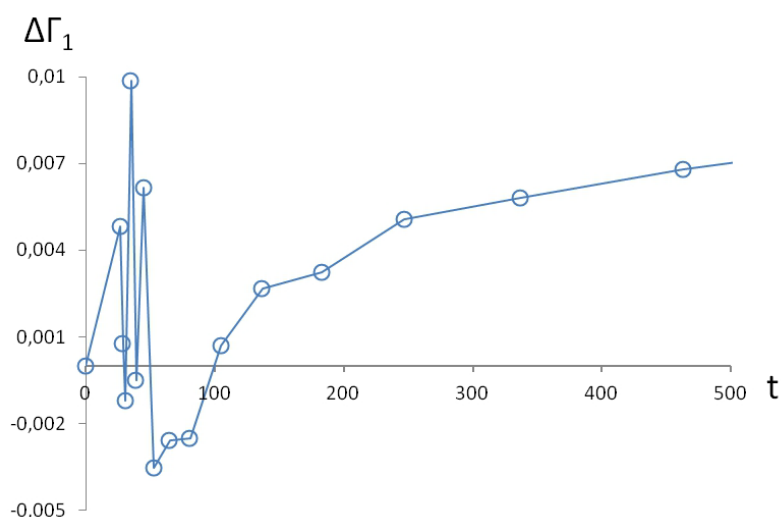


Рис.2. Графік залежності від часу різниці розрахункового та аналітичного значень координати границі розділу фаз

Результати чисельних розрахунків Γ_1 координати міжфазної границі дуже

мало відрізняються від аналітичного рішення Γ_A . А відносна похибка не перевищує $\varepsilon_{\max} = 0,14\%$ порівняно з аналітикою. На будь-якому графіку вони майже не будуть розрізнятися.

Тому для аналізу зміни похибки при розрахунках на рис.2 наведений графік залежності від часу різниці розрахункового та аналітичного значень координати границі розділу фаз ($\Delta\Gamma_1 = \Gamma_1 - \Gamma_A$).

Величина абсолютної похибки незначна. Наприклад, для часу $t = 463$ кроків складає $\Delta\Gamma_1 = 0,006789$. А відносна похибка взагалі не перевищує $0,026\%$.

Але розрахунок з використанням нелінійної інтерполяції erf -функціями вимагає додаткових розрахунків на кожному кроці за часом, хоч є більш точнішим, порівняно з іншими методами, запропонованими раніше.

У початковий момент абсолютна похибка $\Delta\Gamma_1$ декілька разів змінює знак (рис. 2). Це свідчить про те, що схема проявляє умови абсолютно стійкої схеми і точність розрахунку градієнтів запропонованим способом має такий самий порядок точності, що і розрахунки поля концентрацій, а саме (h^2, τ) .

З часом абсолютна похибка трохи збільшується. Вона сягає максимуму на приблизно ~ 1000 кроку за часом, а далі монотонно поступово зменшується. Це підтверджує усунення системної помилки при обчисленні градієнтів концентрацій на рухомій границі розділу фаз, коли градієнт концентрацій стає значно пологим з часом. А саме, ми бачимо що відносна похибка в момент часу, який відповідає 2387 кроку складає лише $0,013\%$. Тобто, мінімізація системної помилки з часом, що виникає при рішенні задачі Стефана чисельними методами з явним виділенням границі фаз підвищує точність розрахунку в $n = \frac{\varepsilon_{\max}}{\varepsilon} = 10,6$ рази.

Список використаних джерел

1. Kulikov S.I., Nesterenko A.I., Nesterenko N.G. "The solution of the two-dimensional Stefan problem in a multiply connected domain", Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz., 33:3 (1993), p. 404–416. <http://mi.mathnet.ru/eng/zvmmf/v33/i3/p404>
2. Нестеренко М.Г., Нестеренко О.І., Сахно О.І. Спрощення методів чисельного моделювання задачі Стефана з явним виділенням границь розділу фаз. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 2022, т. 52. С. 71-81. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2022-52-08>
3. Тихонов А.Н., Самарський А.А. Уравнения математической физики. М.: Издательство Московского университета, Серия: Классический университетский учебник, 2013, 798с. <https://bigenc.ru/b/uravneniia-matematicheskoi-fef3900>
4. Pandelaers I., Verhaeghe F., Wollands P., Blanpain B. An implicit conservative scheme for coupled heat and mass transfer problem with multiple moving interfaces. Int. J. of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54. No. 5-6. P 1039-1045. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2010.11.033>
5. Mazhorova, O.S., Popov, Y.P. & Shcheritsa, O.V. Conservative scheme for the thermodiffusion Stefan problem. Diff Equat 49, 869–882 (2013).

<https://doi.org/10.1134/S0012266113070094>.

6. Gusev A.O., Shcheritsa O.V., Mazhorova O.S. Two equivalent finite volume schemes for Stefan problem on boundary fitted-grids front tracking and front fixing techniques. Differential equations. 2021. Vol. 57. No. 7. P. 876-890. DOI: 10.1134/s0012266121070053

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЛУЖНОГО ЕЛЕКТРОЛІЗУ ВОДИ

Ковальов Сергій

здобувач вищої освіти

Кудрявцев Ігор

доцент, к.ф.-м.н.

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

ХНУ імені В.Н. Каразіна

м. Харків, Україна

Вступ.

У сучасній енергетиці пріоритетним є перехід до відновлюваних джерел та екологічно чистих технологій. Зокрема, водень вважається перспективним енергоносієм завдяки своїм екологічним властивостям: при його використанні утворюється лише вода, що виключає викиди вуглекислого газу та інших продуктів згоряння вуглеводних палив. Це робить водень ключовим елементом глобальної стратегії декарбонізації. Особливу увагу приділяють його використанню для накопичення енергії, що дозволяє зберігати надлишки, вироблені відновлюваними джерелами або атомними електростанціями в нічний час, компенсуючи періодичність виробництва та забезпечуючи стабільне постачання при нерівномірному попиті. Водночас, однією з головних переваг водневої енергетики є її екологічність. Перехід на сонячно-водневу енергетику може зменшити викиди вуглекислого газу та уповільнити глобальні зміни клімату.

В роботі розглядаються методи отримання водню, зокрема електроліз води, а також моделювання цих процесів в середовищі COMSOL для оцінки ефективності процесу.

Лужний електролізер — це система, де розклад води на водень і кисень відбувається у присутності лужного електроліту (найчастіше, розчин КОН або NaOH). Процес електролізу вимагає подачі напруги для утворення електричного поля між анодом і катодом, де відбуваються відповідні електродні реакції. Основними параметрами, що впливають на швидкість і ефективність електролізу, є напруга, густина струму, температура розчину та концентрація електроліту.

Наведемо основні хімічні рівняння лужного електролізу:

Collection of Scientific Papers
with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference
«Global Trends in Science, Technology, and Economy»
April 16-18, 2025
Graz, Austria

Organizing committee may not agree with the authors' point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

Contact details of the organizing committee:
Sole Proprietor Viktoriia Tsiundyk
E-mail: info@isu-conference.com
URL: <https://isu-conference.com/>

Certificate of the subject of the publishing business: ДК №7980 of 03.11.2023.



INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY