

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ПРОФКОМ КПІ ІМ.ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**



Профком КПІ ім.Ігоря Сікорського



БІБЛІОТЕКА
КПІ



Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки
ім. Г. М. Доброва НАН України



Державний
політехнічний
музей імені Бориса Патона

**ЗБІРНИК ПРАЦЬ
XXIII МІЖНАРОДНОЇ МОЛОДІЖНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ НАУКИ,
ТЕХНІКИ ТА ОСВІТИ»,**

**за темою:
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ ЯК РУШІЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ**

КИЇВ 2025

Редколегія:

Котовський В.Й. (головний редактор), доктор техн. наук, професор

Локтєв В.М., академік НАНУ

Ванін В.В., доктор техн. наук, професор

Решетняк С.О., доктор фіз.-мат. наук, професор

Литвинко А.С. (відповідальний редактор), доктор іст. наук, пров. наук.
співробітник

Шендеровський В.А., доктор фіз.-мат. наук, професор

Храмов Ю.О., доктор фіз.-мат. наук, професор

Рецензенти:

Шут М.І., академік АПНУ

Збірник праць XXIII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Історія розвитку науки, техніки та освіти», за темою: Фундаментальні науки як рушій технологічних трансформацій. – Київ, 24 квітня 2025 р. / Укладач Пономаренко Л.П. – Київ, 2025. – 164с.

У збірнику опубліковано матеріали, підготовлені учасниками XXII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Історія розвитку науки, техніки та освіти», за темою: Фундаментальні науки як рушій технологічних трансформацій, яка проходить у рамках Молодіжного симпозіуму з історії науки і техніки: Пріоритети української науки. Висвітлюються найбільш актуальні проблеми історії вітчизняної і світової науки, техніки та освіти, а також розкривається внесок українських учених у формування сучасної науки.

ЗМІСТ

Вадим Локтєв, Академік НАН України **ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАУКА ЗАВЖДИ ПЕРЕДУЄ ТЕХНОЛОГІЯМ..... 7**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

РОЗДІЛ І. РОЛЬ ОСОБИСТОСТІ В НАУЦІ. ФЕНОМЕН НАУКОВОЇ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ШКОЛИ.....14

1.Баиштова Л. С. **ВНЕСОК ПРОФЕСОРА М.М. КУХАРЧУКА В РОЗВИТОК МАТЕМАТИКИ У КПІ 14**

Безлуцька О. П. **ВНЕСОК МИКОЛИ ВАСИЛЬОВИЧА ШАРЛЕМАНЯ В ІНСТИТУЦІОНАЛІЗАЦІЮ ЗАПОВІДНОЇ СПРАВИ НА ПРИКЛАДІ «АСКАНІЯ-НОВА» 17**

2.Грушицька І.Б. **ВНЕСОК В. П. ЦЕСЕВИЧА В ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТЕМНЮВАНИХ ПОДВІЙНИХ ЗІР (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ)..... 20**

3.Данилевич В.Ю. **ВНЕСОК АБРАМА СЕМЕНОВИЧА РЕЙСЕРА У РОЗВИТОК ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТТЯ 23**

4.Дашкель В.А. Цюпа А.М., Лук'яненко Е.В. **ПРОФЕСОР М.Ф. СТЕПКО – ВІДОМИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИК ТА ПЕДАГОГ, ОДИН ІЗ ОРГАНІЗАТОРІВ ВІТЧИЗНЯНОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ..... 27**

5.Кіріченко В.В., Подласов С.О. **НАУКОВІ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ШКОЛИ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ КПІ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО 31**

6.Клименко М.А., Скіцько І.Ф. **ПАТОНІВСЬКА НАУКОВА ШКОЛА У ВИМІРАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ 34**

7.Коваленко А.І., Колган В.В., Якуніна Н.О. **ОЛЕКСІЙ ГРИГОРОВИЧ ІВАХНЕНКО: ЖИТТЄВИЙ ШЛЯХ І НАУКОВА СПАДЩИНА..... 37**

8.Ковальський А.А., Тулученко Г.Я. **РОЛЬ ФРІДРІХА РОБЕРТА ГЕЛЬМЕРТА У РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛУ χ^2 -КВАДРАТ..... 41**

9.Ковтун Б.А., Братусь Т.І. **АКАДЕМІК БРОДИН МИХАЙЛО СЕМЕНОВИЧ – ВИЗНАЧНИЙ ВЧЕНИЙ У ГАЛУЗІ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА 44**

10.Костенко Д. М. ПРОФЕСОР ВІКТОР КИРПИЧОВ: ВНЕСОК У РОЗБУДОВУ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ	46
--	-----------

11.Маслянчук М.О., Коваль О.О.

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК КИЇВСЬКОЇ ШКОЛИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ	49
--	-----------

12.Муратов Р.І., Цюпа А.М., Лук'яненко Е.В. ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ БАЙБАКОВ – ВИДАТНИЙ УКРАЇНСЬКИЙ КОНСТРУКТОР ТА КОРАБЕЛ .	53
---	-----------

13.Потяк М.В., Пальцун С.В. ВНЕСОК В'ЯЧЕСЛАВА ВАСИЛЬОВИЧА ЛАВРИНЕНКА У РОЗВИТОК П'ЄЗОДВИГУНІВ.....	59
---	-----------

14.Солдатова Г. В. В'ЯЧЕСЛАВ РАФАЇЛОВИЧ ЗАЛЕНСЬКИЙ: ДО 150-РІЧЧА ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ.....	62
---	-----------

РОЗДІЛ ІІ. СТОРІНКИ ІСТОРІЇ ПРИРОДНИЧИХ ТА ТЕХНІЧНИХ НАУК В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

65

1.Бедров К. А., Строкач М. С. СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД АСТРОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	65
--	-----------

2.Бороздих Н.В. ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	69
--	-----------

3.Гвоздецька В.А., Савченко Д.В. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ: ВПЛИВ ВІДКРИТТЯ ЯВИЩА НА СВІТОВУ НАУКУ ТА РОЗВИТОК НАУКИ В УКРАЇНІ.....	72
---	-----------

4.Горобець Д.П. ВІД КІБЕРНЕТИКИ ГЛУШКОВА ДО СУЧАСНОГО ШІ: ІСТОРИЧНИЙ ВНЕСОК УКРАЇНИ В ТЕХНОЛОГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ	76
---	-----------

5.Грудінін Д.Ю., Русаков В.Ф. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕОРЕТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ ПРО НАДПРОВІДНІСТЬ	79
--	-----------

6.Кравченко Д. Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІНСТИТУТУ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ	83
---	-----------

7.Озоженко Т.І. ПЕРШИЙ П'ЄЗОДВИГУН У СВІТІ: ВНЕСОК УЧЕНИХ КІП У РОЗВИТОК ВИСОКОТОЧНИХ ПРИЛАДІВ	86
---	-----------

8.Пономаренко Л.П., Зарубіна Н.Є., Кузь О.П. РОЗВИТОК МЕТОДІВ ДЕТЕКЦІЇ АЛЬФА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЇХ ПЕРШІ БІОМЕДИЧНІ ЗАСТОСУВАННЯ 90

9.Rachek K.O., Kyrtoka T.V., Ivanova I.M. ANTIHYDROGEN: EVOLUTION OF STUDY IN UKRAINE AND WORLDWIDE 93

10.Ругаленко С.І. ПЕРША ЛІТНЯ МАТЕМАТИЧНА ШКОЛА В УКРАЇНІ 1963 РОКУ 96

11. Семеренко В.С., Цюпа А.М., Лук`яненко Е.В. ЧИ ПОВЕРНУТЬСЯ ПАСАЖИРСЬКІ СУДНА НА МАЛІ РІЧКИ УКРАЇНИ? 99

12.Яцененко В.П., Русаков В.Ф. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДПРОВІДНОСТІ: ВІД ВІДКРИТТЯ ДО СУЧАСНОСТІ..... 103

РОЗДІЛ ІІІ. ФІЗИКА ТА СУЧАСНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СВІТ..... 108

1.Бігун О.П., Співак О.А, Козленко О.В., Климук О.С. МІНІ-МОДЕЛЬ ПОЇЗДА НА МАГНІТНІЙ ПОДУШЦІ 108

2.Борсук В.В., Снарський А.О., Подласов С.О. ЕФЕКТИВНА ПРОВІДНІСТЬ НА ПОРОЗІ ПРОТІКАННЯ 110

3.Горобець О.Ю., Куліш В.В., Єрьомін С.І. DEVELOPMENT OF THEORETICAL RESEARCH ON MAGNON–PLASMON–POLARITONS WORLDWIDE..... 114

4.Грудінін Д.Ю., Поліщук А.О., Яцененко В.П., Іванова І.М. СУЧАСНІ ДЕТЕКТОРИ РАДІАЦІЇ: ПРИНЦИП ДІЇ ТА ПРИКЛАДИ ДЕТЕКТОРІВ .. 116

5.Деркач М.І., Хіст В.В. МАСИВ ГАЛЬБАХА ЯК ЗАСІБ ЕКРАНУВАННЯ ЗАВАД ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ МАГНІТНОЇ НАВІГАЦІЇ БПЛА 119

6.Журавель Б.О., Строкач М.С. КВАНТОВІ ЯВИЩА ПРИ НАДНИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ 123

7.Козлов О.А., Калита В.М., Решетняк С.О. МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ОПОРОМ СТРУКТУР З ГІГАНТСЬКИМ ТА ТУНЕЛЬНИМ МАГНЕТООПОРОМ ЗА ДОПОМОГОЮ СТРУМУ 127

8.Кушлик-Дивульська О. І., Авдєєва Т. В., Кошлай А. І., Воловик Д. М. ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИКИ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ..... 131

<i>9. Кушлик-Дивульська О. І., Авдєєва Т. В., Брідня А. С., Козленко О. Р.</i>	
ГАУССОВЕ РОЗМИТТЯ. ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ ГАУССА В	
ГРАФІЧНИХ РЕДАКТОРАХ.....	134
<i>10. Матковська О. М., Захарченко Р. В.</i>	
КВАРК-ГЛЮОНОВА ПЛАЗМА:	
ГІПОТЕЗА У РОЗВИТКУ.....	137
<i>11. Проволовська Д. В., Ткаченко Р. В., Іванова І. М.</i>	
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
АДРОННИХ СТРУМЕНІВ В СУЧАСНИХ КОЛЛАЙДЕРАХ: ТЕОРІЯ ТА	
ТЕХНОЛОГІЇ.....	141
<i>12. Цутевич П. А., Котовський В. Й.</i>	
СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ	
ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ПРИЛАДІВ.....	144
РОЗДІЛ IV. РОЗВИТОК ОСВІТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.	
МЕТОДОЛОГІЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК ..	148
<i>1. Белиба К. А., Селезнєва Н. П.</i>	
ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ В ТЕХНІЧНИХ	
УНІВЕРСИТЕТАХ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ.....	148
<i>2. Гавриленко А. М., Скіцько І. Ф.</i>	
ПРО ТЕОРЕМУ ЄДИНОСТІ В	
ЕЛЕКТРОСТАТИЦІ.....	150
<i>3. Гуленко М. О.</i>	
УКРАЇНСЬКА ГОСПОДАРСЬКА АКАДЕМІЯ В	
ПОДЄБРАДАХ –УСПІШНО РЕАЛІЗОВАНИЙ ПРОЄКТ ВИЩОЇ	
ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ В ЕМІГРАЦІЇ У 1922–1935 РР.	153
<i>4. Золота М. М., Дімарова О. В.</i>	
РОЛЬ ФІЗИКИ У СНАЙПЕРСЬКІЙ	
МАЙСТЕРНОСТІ	156
<i>5. Кушлик-Дивульська О. І., Сосновська А. В., Райко З. Д.</i>	
МЕТОДОЛОГІЯ	
НАВЧАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК. ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ	
ІНТЕГРАТИВНОГО ПІДХОДУ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	159
<i>6. Олійник Т. Б.</i>	
ФЕДІР КУЗЬМИЧ ПОЧЕРНЯЄВ: СПАДЩИНА ВЧЕНОГО ЯК	
ЧИННИК ПАТРІОТИЧНОГО ВИХОВАННЯ НАУКОВОЇ МОЛОДІ.....	161

Вадим Локтєв, Академік НАН України

ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАУКА ЗАВЖДИ ПЕРЕДУЄ ТЕХНОЛОГІЯМ

*Ми не повинні чекати того часу, коли держава
надасть нам можливості розвиватися. Маємо діяти!*

Ярослав Яцків, академік НАНУ

*Не варто говорити, що зміни під час війни не
на часі. Продумані і якісні зміни завжди на часі!*

Роман Кравець, журналіст

При підготовці до виступу виникло питання, як звернутися одночасно до всіх, оскільки мене мають слухати і викладачі, і студенти, і не вигадав нічого кращого, ніж

Шановні колеги,

бо ким би ми не були і що б не робили, завжди є ті, у кого вчимося ми, і ті, кого ми вчимо.

Мені дуже приємно з вами, хоч і онлайн, і тим самим бути серед вас, оскільки я більше 20-ти років очолював одну з фізичних кафедр фізмат факультету славетного КПП і мене радує, що серед учасників Конференції багато знайомих мені викладачів, які самовіддано продовжують свою науково-освітню діяльність.

Не буду сюсюкати з молоддю – насправді, вона доволі доросла – тому відверто скажу, що наразі такий час, що ми маємо усвідомити: «*La patrie en danger*», або «*Батьківщина в небезпеці*», – назва Декрету законодавчих зборів Франції від 11 липня 1792 року, який було прийнято у відповідь на погрози, що нависли на той час над Французькою революцією. Йшлося про майбутнє всієї країни як політичної структури.

Поставлена ж мною мета не політична і стосується аналізу стану виключно науково-освітньої сфери, яка, як відомо, знаходиться в небезпеці приблизно чотири десятиліття, тобто довше віку студента КПП, що призвело до майже фатальної її деградації.

На моє переконання, *небезпека для розвитку науки* є фактором, який однозначно сигналізує про *небезпеку для держави*, і падіння або зневага до наукового сектору з боку як влади, так і суспільства означає неминуче послаблення решти інституцій держави. Ситуація досягла настільки

кричущого рівня, що прийняття документу на кшталт французького було б вельми бажаним, навіть необхідним. Він міг би бути і від імені президента України, і від Верховної Ради або Кабінету Міністрів, зрештою від Ради національної безпеки і оборони (це не має суттєвого значення), якщо б у цьому документі ці два види небезпеки були б ототожені. Тільки так він міг би сприяти запобіганню загрози. Проте для такої акції треба, щоб згадані найвищі керівні органи країни та їхні очільники мали б більш широкі уявлення про те, що відбувається у світі.

Чи можна щось змінити? Якщо мовчати, то, безумовно, ні. А якщо б, наприклад, ваша Конференція ініціювала відповідний документ, надіславши його в один із зазначених органів, то, можливо, на нього б звернули увагу. Втім, це справа учасників Конференції та її організаторів.

Коли я говорю влада, то йдеться не лише про чинну владу, позаяк в нашій незалежній країні регрес науки і освіти почався набагато раніше. Сподіваюсь, ви цього не помічаєте, оскільки вчитеся в одному з кращих інженерних вишів не тільки України, а й завдяки блискучому викладацькому складу, але при цьому руйнація продовжується, бо наука і освіта на набули у нас пріоритетного розвитку.

Нашим очільникам, напевно, невідома вже відносно давня доповідь ЮНЕСКО «На шляху до 2030 року», в якій чітко прописано, що наука і технології відіграють ключову роль в усіх напрямках розвитку людства, для якого розпочалася ера так званої *знанієвої* економіки.

Рушійною силою цього процесу є освіта, що створює готовий до неперервного навчання та самовдосконалення людський капітал.

Найбільш розвинені країни, розуміючи, що кошти, вкладені у наукові дослідження і підготовку кваліфікованих кадрів, є не марними витратами, а за призначенням і мають величезну віддачу – зростає якість і тривалість життя, більш спроможною стає медицина, покращується екологія, удосконалюється громадянське суспільство, а головне і вкрай актуальне для нас – посилюється його обороноздатність. Ці наразі банальності добре засвоєні, вони давно стали не гаслами, а поточним буттям великої кількості країн.

Для підтвердження вищесказаного наведу деякі приклади.

У жовтні минулого року відбувся XX з'їзд компартії Китаю. З'їзд завершився підсумковою промовою Генерального секретаря **Сі Цзіньпіна**, де поставлено мету у найближчі десять років досягти рівня розвитку Сполучених Штатів, виголосивши, що це можливе лише при спиранні на передову науку.

У США пріоритет науки для розвитку держави визнав 40-й президент **Рональд Рейган**, який ще у 1982 році при схваленні бюджету країни сказав так: *«Ми витрачаємо на наукові дослідження так багато не тому, що багаті, а ми багаті тому, що вкладаємо великі кошти в науку»*.

Тепер ці слова лежать в основі політики всіх економічно розвинених країн, де зростають і кількість науковців, і витрати на їх утримання.

Більш загальними словами висловив своє ставлення до науки творець, як його називають, сінгапурського «економічного дива» прем'єр-міністр Сінгапуру у 1959–1990 роках **Лі Куан Ю**: *«Індустріальне суспільство завжди поступається місцем суспільству, що побудоване на знаннях, і нова лінія розділу світу проходитиме між тими, хто має знання, і тими, хто їх не має»*.

Україна таким ставленням до науки і науковців похвалитися не може. Виголошуючи ритуальні промови зі словами поваги до науки, жодний можновладець нічого по суті для її носіїв не зробив, вимагаючи при цьому працювати на актуальних напрямках, розв'язувати важливі для України проблеми, готувати кадри, відносячи цю до певної міри першорядну галузь до сфери послуг! У результаті, за доволі короткий термін галузева наука в країні була практично знищена, а фундаментальна, що мала «притулок» головним чином в Академії наук, знаходиться у багаторічному руйнуванні.

Ваше зібрання має дуже гарну, хоча і довгу, назву

XXIII Міжнародна молодіжна науково—практична конференції «ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ НАУКИ, ТЕХНІКИ ТА ОСВІТИ»

за темою:

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ ЯК РУШІЙ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

І це абсолютно вірні слова, але вони загальні. Що мається на увазі?

Дуже легко просити вчених намалювати перспективи щодо тих чи інших майбутніх наукових досягнень, але жоден серйозний фахівець не робитиме того, що можуть собі дозволити фантасти.

Як правило, нічого і ніхто не вгадує, а прогнози, що «завтра» людина переселиться на інші планети чи створить штучний інтелект, або роботів, які будуть еквівалентом *Homo sapiens*, вилікує всі хвороби, знайде засоби боротьби з потеплінням, а всі народи і нації стануть дружніми тощо, не варті уваги, тим більше, що враховуючи середній вік життя, перевірити щось подібне не вдасться нікому. Але щоб зрозуміти, про що мова, набагато

простіше і продуктивніше заглянути у «вчора», щоб встановити, які придбання має наразі людство завдяки науці.

Сподіваюсь, це може стати певним лікнепом і для нашого керівництва, а одночасно й для молоді, яка слухає мене. Не буду заглиблюватись у далеку історію науки, яка в сучасному розумінні налічує не більше 350-ти років, а коротко перелічу, що ж вона дала людині в останні 70-75 років – приблизного часу життя одного покоління.

Очевидно, суспільний розвиток зазвичай іде повільно, але наприкінці ХХ-го століття почав стрімко набирати оберти науково-технологічний прогрес, спричинений досягненнями фундаментальної науки, яка, здавалося б, далека від нагальних потреб суспільства. Проте життя показало, що такі висновки або припущення є хибними.

Так, наприкінці 50-х років минулого століття застосування результатів, отриманих у лабораторіях, набуло масового характеру: у багатьох країнах світу почала зростати тривалість життя, прориви пережили такі галузі, як радіолокація і радіомовлення, авіа- і автомобілебудування, дослідження космосу. Цивільна авіація, що стала загальновизнаним і швидким способом переміщення.

Чому це відбувалося? Тому що за справу взялися інженери, включаючи випускників КПІ. Згадаймо хоча б Корольова або Сікорського, які створюючи свої літальні апарати спиралися на фундаментальні результати попередників. Чому так швидко розвивалося створення космічних кораблів або літакобудування? Бо була точно розв'язана задача двох тіл, яка лежала в основі цих інженерно-технологічних, а не наукових досягнень.

У даному випадку два тіла – літальний апарат і Земля. Навіть вплив Сонця може враховуватися як збурення.

Позитивні зміни відбулися й у житті пересічних громадян. Близько 60-и років тому з'явилося масове телебачення, яке завдяки численним запускам штучних супутників зв'язку стало глобальним і дало можливість будь-якому жителю планети спостерігати безпосередньо за подіями, які відбуваються як завгодно далеко від його власної домівки. Пасажирська авіація, що почала переходити на реактивну тягу, все більше набувала популярності як зручний і швидкий транспортний засіб переміщення на великі відстані аж до досягнення інших континентів.

Останнє породило туристський бум, який уможливив справжню глобалізацію всього і вся, а особливо того, що раніше стримувалося наявністю кордонів, а також існуванням власних традицій і специфіки кожного народу або нації.

Перший штучний супутник злетів у 1957 році, космонавт – у 1961 році, а вже через 8 років нога людини торкнулася поверхні Місяця.

Водночас легкові авто почали використовуватися в міському і міжміському пасажирському транспорті. На жаль, великі кошти забирало виробництво нової ядерної і термоядерної зброї, атомного підводного флоту, ракетної техніки. І все це «падало» не з неба, а було прямим втіленням фундаментальних результатів ядерної фізики, фізики плазми, матеріалознавства, прикладної математики, зокрема теорії горіння і вибухів. Паралельно йшло будівництво атомних електростанцій.

Фізика напівпровідників, на ґрунті якої поступово виникли і зростали надзвичайно потужні мікро-, а згодом й наноелектроніка, що в свою чергу породили спінтроніку, фотоніку, магноніку, долинонтроніку, пережила справжній революційний бум. Він виник завдяки відкриттю транзисторного ефекту, або керованій зовнішньою електричною напругою зміні сили струму, що тече крізь напівпровідник. Це, в свою чергу, було наслідком відкриття українським фізиком-експериментатором **Вадимом Лашкарьовим** так званого *pn*-переходу, яке кардинально змінило ландшафт радіоелектроніки, що відносно швидко перетворилася з лампової на напівпровідникову.

Винайдення в подальшому інтегральних мікросхем започаткувало переможне проникнення їх у життя: телевізори придбали колір, у торгівлі з'явилася перша відеотехніка.

Нечувано змінилися обчислювальні машини – якщо лампові вимагали великих приміщень, а потужні – навіть окремих будівель, то для персональних комп'ютерів, які спочатку сприймалися як деякі електронні іграшки для відпочинку, достатньо місця й на столі, і вони стали невід'ємною частиною будь-якої діяльності. Про кількість гаджетів різного призначення годі й говорити – вони незліченні. Нинішні молоді люди не уявляють, як ми жили без усього, що швидко увійшло в побут – електронна пошта, мобільні телефони, інтернет.

Останній практично витіснив з інформаційного поля звичні ЗМІ як більш дешевий і швидкий засіб передачі свіжих відомостей на значні відстані, а також засіб розуміння один одного. Звісно, я дещо спростив картину, позаяк від наукових пошуків до їхнього втілення дистанція чимала, але яка, як правило, рано чи пізно долається, що і отримало назву *«інноваційного процесу»*.

Не секрет, що за 2-3 десятиліття свого виробництва гаджети широкого вжитку змінювалися не один раз, і тепер в їхньому функціонуванні домінують високі цифрові технології, а з повсякденного життя назавжди зникли плівкові магнітофони і фотоапарати. З іншого боку інтернет,

«мобілки», а тепер смартфони дали людям нечувані раніше можливості для міжособистісного спілкування, яке колосально інтенсифікувалося після створення низки глобальних соціальних мереж. Ці винаходи внесли в життя кожної людини казкову особисту свободу і можливість без дозволів і «зовнішнього» спостереження стати публічною особою.

На жаль, переважна більшість користувачів усіх цих цивілізованих звершень жодним чином не усвідомлює, чому і звідки вони виникли у нашому звичайному житті.

Мабуть, не всі здогадуються чи знають, що електронна пошта й інтернет стали наслідком численних спроб фізиків-ядерників якомога швидше і повніше передавати «по дротах» колосальні масиви експериментальних даних від будь-якого прискорювача всім зацікавленим в них обчислювачам.

Але, сподіваюсь, освічена меншість чула, що вони стали справжнім тріумфом фундаментальних досліджень кінця ХХ-го століття, насамперед електродинамічних, квантово-механічних та оптичних, і відбулися завдяки відкриттям нових можливостей фізики конденсованого стану і побудові в ці ж роки так званої дискретної математики.

Про них, їхні особливості 99+ відсотків населення Землі нічого не знає і знати не хоче. Україна тут не є винятком, хоча для неї – жорстокою воюючої країни – таке ставлення до науки з боку, в першу чергу, політичного керівництва є вкрай недалекоглядним і дуже небезпечним.

Розумію, що наведений перелік є лише краплею в морі створених технологій, завдяки випереджаючій роботі вчених, корисних речей, і кожний може з легкістю доповнити його тими ж мікрохвильовками, ксероксами, платіжними картками, рідинно-кристалічними дисплеями, GPS-навігацією тощо.

Нічого не сказано про немислимі успіхи хімії, наук про життя – вони не моя область. Втім, можу перелічити час практичної «матеріалізації» найбільш відомих з них у суспільстві.

Полімери (поліетиленові пакети, пляшки, колготи, пластикові лижі і жердини, синтетика для одягу) ведуть свій облік від 60-х років минулого сторіччя, структура ДНК розшифрована 70, а генетичний код – 60 років тому, генна інженерія почала широке застосування в медицині і для створення ГМО і мабуть, головний її здобуток – створення великої кількості високоврожайних злаків для різних кліматичних зон земної кулі – закрив проблему світового недоїдання, принаймні в принципі.

А є ціла галузь виробів лазерної промисловості з її неосяжним колом застосувань – компакт-диски, оптичні скальпелі, указки, світлодіоди, голографічне мистецтво тощо, фізика низьких температур, що надала можливість відкрити й спостерігати макроскопічні квантові явища – надпровідності і бозе-конденсації, розуміння яких прийшло лише у 50-х роках минулого століття і які (особливо перше) чекають на своє впровадження в електроенергетиці.

Фізика високотемпературної плазми небезпідставно посилила наші надії на появу в недалекому майбутньому термоядерних електростанцій, які подібно до Сонця забезпечать світ практично невичерпним джерелом енергії.

Додам космічні дослідження, що серед іншого відкриттям екзопланет надали певний сенс нашим пошукам на них життя, схожого на земне. І все це (а насправді, набагато більше) отримано дослідниками на протязі часу життя всього одного(!) покоління.

Тепер на передній край вийшов штучний інтелект з його методами навчання машин і квантові обчислення, мета яких – створення квантового комп'ютеру, що є справжньою справою для нині молодих і освічених людей з амбіціями. Впевнений, серед молоді є такі, які братимуться за найскладніші задачі.

Хочемо ми чи ні – прогрес не зупинити, знання про оточуючий світ збільшуватимуться, і дуже хочеться, аби в їхньому видобутку приймала участь наша країна, незважаючи на нашу сьогоденну відсталість.

Незнання або ігнорування сили науки та її ролі в прогресивних змінах у безпеці існування людства, безумовно, породжує додаткову небезпеку для нашої держави від різного роду неприємностей як природних, так і створених людиною.

Чому я дозволяю собі забирати ваш час на доволі непопулярні думки щодо науково-освітнього сектору України? Відповідь проста: кому, як не молодим, розумним, освіченим фахівцям у найсучасніших професіях, боротися з труднощами, які на вас чекають і до яких треба бути готовими. А подолати їх можете лише ви і наступні за вами покоління, для яких ви будете метрами.

Отже, ще раз підкреслю, ваша Конференція присвячена справді дуже актуальним питанням, бо хто не знає історії, зокрема історії науки, ризикує не встигнути зайняти гідне місце в локомотиві цивілізаційного розвитку.

Слава Україні!!!

РОЗДІЛ I

РОЛЬ ОСОБИСТОСТІ В НАУЦІ. ФЕНОМЕН НАУКОВОЇ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ШКОЛИ

Баштова Л. С.

*Державний політехнічний музей імені Бориса Патона при
КПІ імені Ігоря Сікорського, Берестейський проспект, 37, Київ,
email: lyudm.bash@ukr.net*

ВНЕСОК ПРОФЕСОРА М.М. КУХАРЧУКА В РОЗВИТОК МАТЕМАТИКИ У КПІ

Анотація. В статті досліджено різні аспекти діяльності професора Миколи Кухарчука. Визначена його роль у розвитку математичної науки Київського політехнічного інституту.

Abstract. The article examines various aspects of the activities of Professor Mykola Kukharchuk. His role in developing mathematical science at the Kyiv Polytechnic Institute is determined.

Ключові слова: український математик, Микола Кухарчук, КПІ.

Keywords: ukrainian mathematician, Mykola Kukharchuk, KPI.



Микола Маркович Кухарчук (06.02.1934 – 30.03.2009) – український математик, доктор фізико-математичних наук, фахівець в галузі функціонального аналізу (ФА) та прикладних питань математичного аналізу (МА). Вся його трудова та науково-педагогічна діяльність була тісно пов'язана з Київським політехнічним інститутом.

Він був випускником фізико-математичного факультету Київського педагогічного інституту ім. О. М. Горького. Почав працювати в КПІ у 1959 році на кафедрі математичної фізики (МФ) під керівництвом професора О. С. Смогоржевського та пройшов у виші всі щаблі від асистента до професора, завідувача кафедри. У 1966 році він закінчив аспірантуру при КПІ під керівництвом професора Ю. Л. Далецького (фундатор Інституту прикладного системного аналізу, 1997), який пропонував учням проводити дослідження згідно «вимог часу та з перспективою на майбутнє».

У прагненні опанувати нові галузі математики молодий учений розвинув теорію оперативного керування (ОК), засновану математиком КПІ

Є. Є. Вікторовським (1926-1956). Його кандидатська дисертація «Дифференціальні рівняння у функціональних похідних та деякі питання варіаційного числення, пов'язані з ними» дала важливі математичні інструменти для вирішення складних оптимізаційних задач, що виникають у прикладних галузях науки.

У 1967 році він продовжив свою педагогічну діяльність на посаді старшого викладача КПП, а у 1968 році став доцентом кафедри МФ [1, Арк. 46]. М. Кухарчук був провідним лектором на зварювальному, електроенергетичному, приладобудівному та інженерно-фізичному факультетах КПП [1, Арк. 91]. Його лекції вирізнялись ясністю, доступністю та логічною послідовністю, з орієнтацією на подальше професійне застосування набутих знань.

Його діяльність протягом 1982-1986 років на посаді завідувача кафедрою вищої математики (ВМ) №3 мала велике значення у становленні цієї кафедри. Кухарчуку вдалося згуртувати колектив викладачів, які вміло поєднували педагогічну роботу з науковими пошуками, а його праця у 1999 – 2005 роках на посаді заступника завідувача кафедрою ВМ №3 (з 2000 р. – кафедра МФ) сприяла примноженню математичних традицій вишу на початку ХХІ ст. [2].

У своїй докторській дисертації «Квазілінійні еліптичні рівняння та нелінійні напівгрупи стисків» (1996) М. Кухарчук одержав важливі результати в теорії нелінійних ДР та ФА. Нині вони застосовуються при дослідженні властивостей і поведінки складних математичних моделей (ММ). У 1995 році вчений отримав посаду професора кафедри ВМ №3 КПП, а в 1997 році йому присвоїли вчене звання професора [1, Арк.120].

Професор М. Кухарчук виховав плеяду талановитих математиків, які продовжили його дослідження в теорії ОК та ДР. Він був науковим керівником 6 кандидатських та 3 докторських дисертацій із теорії управління [1, Арк.115].

М. Кухарчук став одним із тих хто запровадив вітчизняну систему підготовки спеціалістів за кордоном. Вільно володіючи французькою мовою, М. Кухарчук протягом 1971 – 1975 років працював на кафедрі математики в національному Інституті нафти і газу міста Бумердес (Алжир), спочатку викладачем математики, а потім три роки поспіль – завідувачем кафедри [2]. У 1978 – 1980 роках М. Кухарчук очолював групу радянських викладачів, які працювали у Верхній Вольті (нині Буркіна-Фасо), був ведучим лектором фізико-математичного факультету столичного Французько-голландського університету [1, Арк. 65]. Результатом цієї роботи стали складені ним і затверджені робочі плани математичних курсів вишу. Також, в ті роки він

обіймав посаду заступника міністра освіти цієї республіки. Працюючи за кордоном, він довів високий рівень українських науково-педагогічних кадрів.

Учений є автором понад 80 наукових праць, посібників, співавтором 3 монографій. Наукові роботи стосувались ФА, прикладних питань МА та мають застосування в різних галузях науки і техніки [3]. Професор М. Кухарчук зробив значний внесок у розвиток теорії диференціальних рівнянь (ДР): досліджував асимптотичні методи розв'язання ДР та вивчав їх застосування до розв'язання задач МФ. Його наукові дослідження сприяли підвищенню престижу КПІ серед технічних університетів. У 1979 році йому вдалося узагальнити деякі результати роботи ізраїльського математика Ш. Агмона щодо спеціальних властивостей операторів Шрьодінгера для еліптичних операторів [1, Арк. 63].

Отримані М. Кухарчуком результати застосовуються для розробки математичних моделей у механіці, теорії стійкості та ін. У 1967-1971 роках під його керівництвом було одержано низку результатів у теорії випадкових сигналів і шумів. Протягом 1985-1990 років він очолив дослідження з оптимального синтезу геометрії довільної дискретної антени (понад 15 робіт.) в КБ «Шторм» КПІ.

Наукові дослідження професора М. Кухарчука та розроблені ним математичні курси з теорії функцій, диференціальних рівнянь та прикладної математики зробили навчання в інституті більш сучасним і актуальним.

Опікуючись справою поширення математичних знань та підготовкою кадрів, Микола Маркович представляв досягнуті ним наукові результати на семінарах: з ДР у частинних похідних в Інституті математики АН УРСР, з функціонального аналізу при кафедрі ВМ №1 КПІ та ін. У 1983- 1985 роках він керував семінаром «Несамоспряжені оператори та задачі математичної фізики» в КПІ [1, Арк. 87], також брав участь у республіканських, всесоюзних та міжнародних наукових конференціях.

Багато уваги М. Кухарчук приділяв і методичній роботі, постійно вдосконалював рівень викладання лекцій та проведення практичних і лабораторних занять з математики. Під його керівництвом проводилась держбюджетна тема (по лінії Мінвузу України) «Безперервна математична підготовка студентів технічних вузів України» (1982-1986) [1, Арк. 85].

Учений опікувався тим, щоб до вишу приходила здібна та добре підготовлена молодь. Протягом 1960-1998 рр. він був у складі предметних комісій КПІ з математики на вступних іспитах. Разом із професорами КПІ Ф. Яремчуком і Ш. Горделадзе М. Кухарчук підготував три видання підручника «Збірник конкурсних задач з математики» (1973, 1977, 1988) [1, Арк. 78 зв.].

Діяльність професора М. Кухарчука сприяла продовженню сильних академічних традицій у КПІ, розвитку математичних наук у виші згідно з вимогами часу та становленню інституту як одного з лідерів вищої технічної освіти в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Архів КПІ. (н.д.). *Справа № 69. Кухарчук Микола Маркович* (159 арк.).
- [2] Кафедра математичної фізики та диференціальних рівнянь. (н.д.). *Із історії кафедри*. <https://mph.kpi.ua/%D1%96z-%D1%96storii.html>
- [3] *Кухарчук Микола Макарович*. (н.д.). *Енциклопедія сучасної України*. <https://esu.com.ua/article-52232>

Безлуцька О. П.

*Херсонська державна морська академія,
м. Херсон, email: olena.bezlutska@gmail.com*

ВНЕСОК МИКОЛИ ВАСИЛЬОВИЧА ШАРЛЕМАНЯ В ІНСТИТУЦІОНАЛІЗАЦІЮ ЗАПОВІДНОЇ СПРАВИ НА ПРИКЛАДІ «АСКАНІЯ-НОВА»

Анотація. У роботі проаналізовано внесок Миколи Володимировича Шарлеманя у формування природоохоронної системи в Україні та створення заповідника «Асканія-Нова». Зокрема, акцентовано увагу на діяльності вченого в організації інституцій охорони природи та його активній участі у наукових і адміністративних ініціативах того часу.

Abstract. The article analyzes Mykola Volodymyrovych Charlemagne's contribution to forming the nature conservation system in Ukraine and establishing the Askania-Nova Nature Reserve. In particular, attention is focused on the scientist's efforts in organizing nature conservation institutions and his active participation in the scientific and administrative initiatives of the time.

Ключові слова: М.В. Шарлемань, Асканія-Нова, заповідник, охорона природи.

Keywords: M.V. Charlemagne, Askania-Nova, nature reserve, nature conservation.

У 2025 році виповнюється 55 років із дня смерті видатного українського зоолога, охоронця природи, фундатора заповідної справи, краєзнавця, дослідника природи Київської Русі, автора коментарів до «Слова

о полку Ігоревім» – Миколи Володимировича Шарлеманя (1887–1970). Його науковий доробок охоплює понад 300 праць, присвячених актуальним питанням зоології, зоогеографії, орнітології, теріології, систематики, фауністики хребетних (крім риб) та теорії і практики охорони природи.

Метою даного дослідження є аналіз внеску М. В. Шарлеманя у формування заповідника «Асканія-Нова» як державної природоохоронної установи.

Уперше М. В. Шарлемань згадав Асканію-Нова у своїй праці «Охорона природи» (1914), де відзначив її як один із прикладів зразкових приватних природоохоронних територій, що відігравали важливу роль у збереженні біорізноманіття. А дізнавшись про від'їзд із Асканії-Нова її власника, відомого мецената і засновника заповідника Ф. Е. Фальц-Фейна, та про реальну загрозу, що нависла над цілиними степами і зоологічним парком, учений починає активну діяльність із захисту унікальної природоохоронної території. Зокрема він ініціював звернення до Тимчасового уряду з резолюцією, в якій наголошувалося на необхідності негайного вжиття державних заходів для збереження цінних тварин, зокрема зубра та бобра, які перебували в умовах напіввільного утримання на території Асканії-Нова [1].

Крім того, М. В. Шарлемань пропонував заснувати при Генеральному секретаріаті із земельних справ Української Центральної Ради спеціалізовану Природоохоронну комісію. Цей орган мав би координувати заходи з охорони природи на території України, зокрема за участю представників місцевих наукових товариств, природничих відділень університетів і провідних фахівців у галузі біології та охорони довкілля.

Пропозиції М. В. Шарлеманя знайшли відгук серед наукової та адміністративної громадськості Української Народної Республіки. У 1918 році в Києві був створений Оружний природоохоронний комітет, а згодом сформована постійна комісія при відділі охорони пам'яток природи. До складу комісії, крім М. В. Шарлеманя, увійшли відомі науковці того часу, такі як П. А. Тутковський, Г. М. Висоцький, Л. А. Портенко та ін.

Надання природоохоронного статусу території Асканія-Нова було офіційно розглянуте під час Попередньої наради природознавців України, що відбулася 3–6 серпня 1918 року. Організацію зібрання підтримав та профінансував гетьманський уряд, виділивши одну тисячу карбованців скарбнику Організаційного комітету – М. В. Шарлеманю, який відіграв ключову роль у проведенні заходу [1].

У роботі наради взяли участь 77 представників наукових установ, державних структур і громадських організацій, які одноставно підтримали ідею надання Асканії-Нова статусу державної заповідної території. За

результатами наради було надіслано вітальну телеграму засновнику заповідника Ф. Е. Фальц-Фейну, а М. В. Шарлеманю було доручено підготувати охоронний декрет.

У своїх подальших коментарях учений зазначав, що саме постанови Попередньої наради стали мотивацією для Міністерства земельних справ гетьманства розпочати роботу над створенням окремого природоохоронного підрозділу. Однак реалізація цього задуму в повному обсязі була перервана зміною політичного режиму в країні. Під час Директорії питання охорони природи знову стали актуальними, і було створено Відділ охорони природи при Вченому комітеті Народного міністерства земельних справ. Після приходу до влади Радянської України ця структура була трансформована в Секцію охорони природи при Сільськогосподарському науковому комітеті УСРР, яку очолив М. В. Шарлемань [1].

У цьому статусі він продовжував опікуватися долею Асканії-Нова і безпосередньо долучився до розробки проекту декрету про надання території офіційного природоохоронного статусу. В результаті, відповідний декрет був підписаний 1 квітня 1919 року головою Ради Народних Комісарів Х. Г. Раковським і проголошував Асканію-Нова «народним заповідним парком», аналогічно до американських національних парків. Таким чином, завдяки ініціативі та послідовній діяльності М. В. Шарлеманя Асканія-Нова отримала перший в Україні офіційно визнаний статус національного парку [3].

Водночас, як зазначав сам науковець, статус «заповідного парку» не повністю відповідав критеріям справжнього заповідника. Завдяки злагодженій роботі багатьох наукових установ та окремих вчених, зокрема й М. В. Шарлеманя, 8 лютого 1921 року Рада Народних Комісарів УСРР ухвалила новий декрет «Про Асканію-Нову», згідно з яким заповідник отримав назву «Перший Державний степовий заповідник „Чаплі“ імені Х. Г. Раковського», а згодом установі було повернуто історичну назву – «Асканія-Нова» [2].

У тому ж 1921 році М. В. Шарлемань підготував спеціальне видання Наркомзему УСРР – «Перший Державний степовий заповідник України Асканія-Нова», в якому представив історію створення заповідника, його сучасний стан та повний корпус нормативно-правових актів, що регламентували функціонування установи [2].

Отже, аналіз діяльності Миколи Володимировича Шарлеманя свідчить про послідовність і цілісність його підходу до охорони природи. Незалежно від змін політичного ландшафту, його ім'я постійно фігурує серед ініціаторів і безпосередніх учасників створення заповідника «Асканія-Нова» як державної інституції.

ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Василюк, О. (2017). *Микола Шарлемань: Напровесні заповідної справи*. К.: ПВТП «LAT&K».
- [2]. Шарлемань, М. (1921). *Перший державний Степовий Заповідник «Асканія Нова»*. Київ.
- [3]. Шарлемань, М. (1919). Асканія Нова – перший народний заповідний парк. *Вісти природничої секції Українського наукового товариства*, 1(3/4), 122.

Грушицька І.Б.

*Відокремлений структурний підрозділ «Одеський автомобільно-дорожній коледж Національного університету «Одеська політехніка»»,
Тираспольська, 6, Одеса, email: ira1973gr@gmail.com*

ВНЕСОК В. П. ЦЕСЕВИЧА В ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАТЕМНЮВАНИХ ПОДВІЙНИХ ЗІР (СВІТОВИЙ КОНТЕКСТ)

Анотація. *Висвітлено основні аспекти наукової та організаційної діяльності В. П. Цесевича із дослідження затемнюваних подвійних зір. Акцентовано увагу на перевазі таблиць В. П. Цесевича порівняно з таблицями Х. М. Расселла та Д. Є. Мерілла.*

Abstract. *The main aspects of V. P. Tsesevich's scientific and organizational activities in studying eclipsing binary stars are highlighted. Attention is focused on the superiority of V. P. Tsesevich's tables compared to the tables of H. M. Russell and D. E. Merrill.*

Ключові слова: *таблиці В. П. Цесевича, затемнювані подвійні зорі, Астрономічна обсерваторія Одеського державного університету ім. І. І. Мечникова, спостереження*

Keywords: *tables of V. P. Tsesevich, eclipsing binary stars, Astronomical Observatory of Odesa State University named after I. I. Mechnikov, observations*

Одним із актуальних завдань історії науки й техніки на сучасному етапі є висвітлення досягнень українських учених у світовому контексті. Мета доповіді – показати внесок В. П. Цесевича у дослідження затемнюваних подвійних зір.

Основи класичної теорії визначення елементів орбіт затемнюваних подвійних зір було закладено на початку ХХ століття С. М. Блажко та детально

розроблені Х. Н. Расселом та Х. Шеплі. У 20-ті роки минулого століття творці сучасної астрофізики А. С. Еддінгтон, Е. А. Мілн та С. Чандрасекхар розробили теорію ефектів взаємодії у подвійних зоряних системах [1, С. 160].

Після отримання якісних фотографічних кривих блиску Алголя (β Персея), було помічено, що блиск системи у позазатемнюваній частині кривої блиску систематично зростає, досягаючи максимуму перед початком вторинного мінімуму. Оскільки для Алголя вже були відомі спектральні класи масивнішого компонента (В8) і супутника (G5), то Еддінгтон і Мілн (1927) пояснили це наростання блиску, як «ефект відображення» – переробки у фотосфері холодного супутника потоку випромінювання, що йде від гарячого компонента. Інший тонкий ефект – виявлені у β Ліри характерні горби в максимумах, – названий «ефектом еліпсоїдальності», Ч. Дарвін пояснив ще 1906 році, задовго до того, як вони були отримані зі спостережень. Надалі Чандрасекхар (1933) запропонував апроксимаційні формули подання деформованих компонентів у подвійних системах трьохосними еліпсоїдами. У 30-ті роки ХХ століття було виявлено наявність потужних газових потоків і навколозоряних газопилових оболонок, що спотворюють криві променевих швидкостей і дають розсіювання спостережених даних, що перевершували помилки вимірювання швидкостей і блиску зір [1, С. 160].

В. П. Цесевич запропонував принципово нові аналітичні методи розрахунку фотометричних фаз (відношення падіння блиску у довільній фазі затемнювання до падіння блиску в момент внутрішнього торкання дисків зір). Цей аналіз був зроблений як для гіпотези U (uniform), тобто однорідного розподілу яскравості по диску зорі, що затьмарюється, так і для повного потемніння до краю диска, – гіпотеза D (darkened), а за допомогою вдалих інтерполяційних формул і для довільного потемніння до краю (х-гіпотеза). Завдання було вирішено як для повного затемнювання (повної фази та часткових фаз), так і для кільцеподібних затемнень [1, С. 161]. Всі результати розрахунків були опубліковані у 1939-1940-му роках у вигляді зручних для використання спостерігачем таблиць, які знайшли широке застосування. Таблиці розраховувались за дорученням Міжнародного астрономічного союзу [2].

Головною перевагою таблиць В. П. Цесевича була точність, що перевищувала на порядок величини точність таблиць Х. М. Расселла та Д. Є. Мерілла. На перший погляд, це могло б здатися не більш ніж красивим методичним нововведенням, але вся справа в тому, що третій знак після коми у вимірах блиску змінних зір – це й сьогодні еталон точності в практичних спостереженнях, який можна досягти лише при спостереженнях із ідеальним астрокліматом. Принципова важливість досягнення точності не нижче 1%

полягає в тому, що тільки так можна було достовірно виявити заповнення критичних порожнин Роша супутниками-субгігантами в системах типу Алголя й надлишки світності не менш ніж у 2-3 рази при тому, що відносний внесок супутників Алголя в сумарну світність подвійної системи становить трохи більше кількох відсотків [1, С. 161].

Саме через те, що до початку 50-х років минулого століття налічувалось близько двох десятків систем типу Алголя з надійно виміряними елементами орбіти, вдалося розв'язати парадокс Алголя (критичну порожнину Роша заповнює маломасивний супутник, а не більш масивний і, на перший погляд, компонент, що найбільше еволюціонував у затемнювано подвійній системі. Тоді ж З. Копал (1955) запропонував нову класифікацію тісних подвійних систем – розділені, напіврозділені та контактні подвійні за ступенем заповнення їх компонентами своїх критичних порожнин Роша. Це дало потужний поштовх до розробки моделей еволюції тісних подвійних систем [1, С. 161].

В Астрономічній обсерваторії Одеського державного університету ім. І. І. Мечникова під керівництвом В. П. Цесевича було отримано великі ряди спостережень затемнюваних змінних зір, досліджувалися їх криві блиску, періоди змінності, визначалися елементи орбіт. В. П. Цесевич створив простий та надійний експресний метод визначення елементів. Багато уваги приділялося виявленню та первинному знаходженню параметрів знову відкритих затемнюваних подвійних зір. В. П. Цесевич поруч із вивченням фізичних змінних зір багато уваги приділяв розвитку спостережної й методичної бази вивчення затемнювано-подвійних зір. Тематика робіт включала дослідження випадкових та систематичних змін орбітального періоду для десятків затемнювано-подвійних систем, проведені як самим В. П. Цесевичем, так і його учнями. Також проводилося вивчення затемнювано-подвійних систем з протяжними атмосферами, розробка методів визначення з аналізу кривих блиску коефіцієнта потемніння дисків зір до краю (О. Шультберг), використання комп'ютерних методів розв'язання кривих блиску затемнювано-подвійних зір (В. М. Табачник). Регулярні спостереження затемнювано-подвійних систем на семикамерному астрографі проводилися на спостережній станції в Маяках, внаслідок чого виникла третя у світі (за кількістю платівок) колекція знімків зоряного неба.

Отже, В. П. Цесевич як вчений і організатор науки велику увагу приділяв дослідженням у галузі затемнюваних подвійних зір. Він розробив таблиці визначення елементів орбіт затемнюваних зір типу Алголя. Ця фундаментальна робота стала суттєвим внеском в теорію затемнюваних подвійних зір.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Каретников, В. Г., & Пустыльник, И. Б. (2006). Затменные двойные звезды и В. П. Цесевич. *Одесский астрономический календарь (ОАК – 2007)*, 160–166. Одесса: Астропринт.
- [2] Самусь, Н. Н. (1988). Незабываемый В. П. Цесевич. *Историко-астрономические исследования*, 20, 216–226.

Данилевич В.Ю.

*Національна наукова сільськогосподарська бібліотека НААН
вул. Героїв Оборони, 10, Київ, email: borgoni12@gmail.com*

ВНЕСОК АБРАМА СЕМЕНОВИЧА РЕЙСЕРА У РОЗВИТОК ЦУКРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ПОЧАТКУ ХХ СТОЛІТТЯ

Анотація. Дослідження присвячене внеску Абрама Семеновича Рейсера у розвиток науки та цукрової промисловості України. Розглядається його життєвий шлях, технологічні інновації у проектуванні цукрових заводів, а також ключові праці, що вплинули на галузь. Аналізується значення інтеграції теоретичної науки з практикою в його діяльності та вплив історичного контексту на кар'єру вченого. Спадщина А.С. Рейсера залишається актуальною для формування сучасних підходів до науково-технічного прогресу.

Abstract. The study is dedicated to the contribution of Abram Semenovich Reiser to the development of science and the sugar industry in Ukraine. It examines his life path, technological innovations in the design of sugar factories, and key works that influenced the industry. The significance of integrating theoretical science with practice in his work and the impact of historical context on his career are analyzed. Reiser's legacy remains relevant for shaping modern scientific and technological progress approaches.

Ключові слова: Історія науки і техніки, цукрова промисловість, науково-технічний розвиток, Абрам Семенович Рейсер

Keywords: History of science and technology, sugar industry, scientific and technological development, Abram Semenovich Reiser

Сучасний світ стикається з численними викликами – екологічними, промисловими, соціальними, вирішення яких потребує ґрунтовних наукових

рішень. Україна, як частина глобального наукового простору, також шукає відповіді на ці питання, спираючись на власний інтелектуальний потенціал. Наука є ключем до подолання криз та створення стійкого майбутнього, і її поступ визначають видатні особистості. Вчені створюють технологічні рішення, і формують нові парадигми мислення та організації наукової роботи. Вивчення історичного шляху науково-технічного розвитку дозволяє не лише усвідомити внесок минулих поколінь у сучасний технологічний рівень, а й проаналізувати ключові персоналії і напрямки їхнього наукового інтересу. Однією з таких персоналій є Абрам Семенович Рейсер, чия наукова спадщина заслуговує на глибоке дослідження та висвітлення.

Абрам Семенович Рейсер народився у 1862 році в Херсоні, походив з міщанської родини. Його батько займався будівництвом, що пробудило у майбутнього вченого інтерес до технічних наук. Через особливості батькової професії сім'я переїхала до Єлисаветграду (нині Кропивницький), де у 1879 році Абрам Семенович закінчив місцеве реальне училище. Після цього, майбутній корифей вступив на хімічне відділення Петербурзького технологічного інституту, звідки був виключений у 1885 році за участь у політичному виступі. Освіту закінчив у Ризькому політехнічному інституті, отримавши кваліфікацію «інженер-технолог» (1888). Саме в Ризі почалась наукова робота майбутнього дослідника, де під керівництвом Вільгельма Оствальда ним була написана дисертаційна робота «Дія моно-хлоро-оцтової кислоти на ортотолуїдин», захистивши яку він отримав звання професора. Після завершення навчання Абрам Семенович розпочав практичну діяльність на Махаринецькому цукровому заводі Київської губернії, що належав родині Бродських [1, с. 30]. Ця родина була відома не лише своєю підприємницькою діяльністю, а й меценатством, зокрема фінансуванням створення Київського політехнічного інституту, так як Лазар Ізраїльович Бродський (1848-1904) підтримував думку про необхідність організації єдиного технічного навчального закладу для розвитку цукрової промисловості [2, с. 61]. На Махаринецькому заводі молодий спеціаліст пропрацював впродовж всієї цукрової кампанії, переходячи від однієї стадії виробництва до іншої, набуваючи безцінного досвіду. Згодом науковець зайняв посаду хіміка Райгородського цукрового заводу Київської губернії [1, с. 40], який також належав родині Бродських. Там вчений затримався ненадовго, що свідчить про те, що промисловці високо оцінили його талант і сприяли кар'єрному зростанню. У подальшому Абрам Семенович зайняв посаду віце-директора Старинського заводу Полтавської губернії [1, с. 47], який теж був частиною підприємств бізнес-імперії Бродських. Пройшовши шлях від звичайного працівника до керівника, корифей отримав не лише адміністративний і

практичний досвід, а й організаційний – вчений брав активну участь у будівництві рафінадних і буряко-цукрових заводів [3].

Важливим внеском Абрама Семеновича у наукове забезпечення цукрової промисловості стало видання в 1900 році книги «Побудова цукрового заводу» [4]. У ній він детально описав проектування, будівництво та особливості експлуатації цукрового заводу. Ця фундаментальна праця неодноразово перевидавалася, щоразу доповнюючись новими відомостями, отриманими автором у процесі його практичної та організаційної діяльності. Накопичивши таким чином значний організаційний та практичний досвід, він вирішив зосередитись на науковій роботі.

Фактором, який суттєво вплинув на життя вченого стала зміна влади, націоналізація цукрової промисловості і початок соціалістичної перебудови економіки, що привів до формування нових наукових та організаційних підходів. На фоні цього у кар'єрі вченого почався новий етап, пов'язаний із залученням до організаційної роботи в адміністративних установах цукрової промисловості. Спочатку дослідник працював у Київ-Цукрі, потім перейшов до Київського відділення Головцукру, а згодом — до Цукротресту. Цей період став для Абрама Семеновича часом зосередження на економічних аспектах цукроваріння, саме тоді учений спрямовував свої зусилля на вирішення проблем, пов'язаних із виробництвом цукру, що було важливим для розвитку галузі в тогочасних умовах. Особливо значущим досягненням означеного періоду стала співпраця з Ісаєм Борисовичем Мінцом, результатом якої у 1922 році стало видання «Інструкції для хіміків цукро-рафінадних заводів» [5] – праці, яка швидко набула визнання і стала незамінним посібником для спеціалістів у галузі цукрового виробництва. «Інструкція» слугувала настільною книгою для інженерів-технологів, що працювали на цукро-рафінадних заводах, завдяки своїй практичній цінності та чітким рекомендаціям. Окремо варто зазначити, що «Інструкція» використовувалася як навчальний посібник у цукрових технікумах, що підкреслює її значення не тільки для фахівців, що вже сформувалися, а й для підготовки молодих спеціалістів і розвитку професійної освіти в сфері цукроваріння [6]. Також, Абрам Семенович регулярно публікував власні статті, такі як «Калькуляція рафінаду» і «До питання про підняття якості», у яких особливу увагу приділяв удосконаленню виробничих процесів і підвищенню якості продукції.

Плідна діяльність вченого та його значний внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості, а також тісна співпраця з науково-дослідною кафедрою сільськогосподарських виробництв КПП, зокрема з її керівником Іваном Антоновичем Кухаренком, принесли йому широке визнання. Одним із проявів визнання наукових талантів Абрама Семеновича є

те, що 11 березня 1927 року, за підсумками великого засідання Укрнауки, його обрали членом-кореспондентом Укрнауки та затвердили дійсним членом нещодавно організованого Державного експериментального інституту цукрової промисловості [7]. Ця почесна відзнака відкрила нові можливості для продовження активної наукової роботи [8].

Абрам Семенович Рейсер залишив помітний слід у вітчизняній цукровій промисловості завдяки своїй плідній діяльності та значним досягненням. Внесок вченого полягав не лише у розробці нових підходів до технології виробництва цукру, а й у зміцненні зв'язків між теоретичною наукою та її практичним застосуванням. Приклад Абрама Семеновича яскраво ілюструє, наскільки вагомим може бути внесок однієї особистості у прогрес науки та технологій. Своєю діяльністю вчений показав, як цілеспрямованість, інноваційне мислення та здатність поєднувати теорію з практикою можуть не лише вирішувати актуальні проблеми свого часу, а й закладати підґрунтя для майбутніх досягнень. Вивчення життя та роботи Абрама Семеновича Рейсера відкриває ширшу перспективу: серед інженерів і практиків є чимало блискучих учених, чиї ідеї мають глибоке теоретичне значення. Життєвий шлях корифея підкреслює важливість інтеграції наукових досліджень із виробничими процесами, особливо в технічних і прикладних сферах. Це актуально для цукрової галузі, яка вимагала не лише інновацій у технологіях, а й адаптації до місцевих умов вирощування сировини та економічних реалій. Відтак, постать Абрама Семеновича Рейсера може слугувати джерелом натхнення для реформування сучасної науки. Реформи, направлені на заохочення тіснішої співпраці між науковими установами, інженерами та виробничими підприємствами, поштовхнули б розвиток технічних дисциплін та підвищили їхню ефективність. Таким чином, спадщина Абрама Семеновича Рейсера залишається актуальною, пропонуючи уроки для побудови більш інтегрованої, практико-орієнтованої наукової системи.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Толпыгин, М. А. (Сост.). (1895). *Ежегодник по сахарной промышленности за 1893–1894* (№ 1). Киевское отделение Императорского Русского технического общества при содействии Главного управления неокладных сборов.
- [2] Янковий, В. В. (2018). *Київська політехніка: початок історії*. Київ: Видавництво «Політехніка».
- [3] Рейсер, А. С. (н.д.). Коротка автобіографія [Особиста справа А. С. Рейсер, ЦДАВО України, Ф.166, О.12, Спр.6428, Арк. 4–5]. Центральний державний архів вищих органів влади і управління України.

- [4] Рейсер, А. С. (1913). *Постройка сахарного завода*. Київ: Типография Р. К. Лубковс.
- [5] Мінц, І. Б., & Рейсер, А. С. (1922). *Инструкция для химиков сахарно-рафинадных заводов*. Київ: Издание Сахаротреста.
- [6] Данилевич, В. Ю. (2024). Науковий внесок Ісая Борисовича Мінца в цукрову промисловість у першій половині ХХ століття. У *Сучасні проблеми землеробської механіки: Матеріали XXV Міжнародної наукової конференції, м. Київ, 17–19 жовтня 2024 р.* (с. 486–488). Київ.
- [7] До президії Укрнауки. (н.д.). [Особиста справа А. С. Рейсер, ЦДАВО України, Ф.166, О.12, Спр.6428, Арк. 2]. Центральний державний архів вищих органів влади і управління України.
- [8] Витяг з протоколу №13, засідання великої Президії Укрнауки НКО. (н.д.). [Особиста справа А. С. Рейсер, ЦДАВО України, Ф.166, О.12, Спр.6428, Арк. 4–5]. Центральний державний архів вищих органів влади і управління України.

Дашкель В.А. Цюпа А.М., Лук'яненко Е.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: victoriadashkel@gmail.com*

ПРОФЕСОР М.Ф. СТЕПКО – ВІДОМИЙ УКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИК ТА ПЕДАГОГ, ОДИН ІЗ ОРГАНІЗАТОРІВ ВІТЧИЗНЯНОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ

***Анотація.** Доповідь присвячена пам'яті одного з організаторів вітчизняної вищої освіти відомого фізика та педагога професора Михайла Филімоновича Степка. Розкрито життєвий шлях М.Ф. Степка та становлення його як вченого, викладача та педагога. Згадується його плідна робота у ДНУ, КПІ, Інституті вищої освіти та особливо у Міністерстві освіти і науки України, а також його активна педагогічна і наукова діяльність.*

***Abstract.** Abstract. The report is dedicated to the memory of one of the organizers of domestic higher education, the famous physicist and teacher, Professor Mykhailo Filimonovich Stepko. The life path of M.F. Stepko and his formation as a scientist, teacher and educator are revealed. His fruitful work at DNU, KPI, the Institute of Higher Education and especially at the Ministry of Education and Science of Ukraine, and his active pedagogical and scientific activities are mentioned.*

Ключові слова: професор Степко, вища освіта, МОН України, Інститут вищої освіти АПН України, Київський політехнічний інститут, кафедра фізики.

Keywords: Professor Stepko, higher education, Ministry of Education and Science of Ukraine, Institute of Higher Education of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv Polytechnic Institute, Department of Physics.



У січні 2025 року могло б виповнитись 80 років відомому фізику, видатному фахівцю в галузі вищої освіти і освітніх технологій, члену-кореспонденту Національної академії педагогічних наук, заслуженому працівнику народної освіти України професору Михайлу Філімоновичу Степку.

Михайло Філімонович народився 24 січня 1945 року у м. Ромни Сумської області у родині службовця. У 1952 р. вступив до Роменської СШ № 2 (сучасна назва «Роменський ліцей № 2 імені академіка А.Ф. Іоффе»), яку закінчив зі срібною медаллю у 1963 році. Роки навчання у школі сформували важливі риси характеру майбутнього вченого [1]. Творчий дух, змістовні знання, любов до своєї справи взяв у свій подальший педагогічний та науковий шлях Михайло Степко, про що він із вдячністю згадував у 2009 році під час свого виступу на святкуванні 200-ї річниці рідної школи.

Після закінчення школи Михайло Філімонович вступив до Харківського державного університету на радіофізичний факультет, який закінчив у 1968 році та здобув спеціальність «Радіофізика та електроніка». Згідно призначення Міністерства освіти УРСР після закінчення університету він почав працювати у Донецькому державному університеті на посаді асистента, а з 1972 року – старшого викладача кафедри електрорадіотехніки та радіоспектроскопії (з 1991 р. кафедра радіофізики). Педагогічну діяльність Михайло Філімонович успішно поєднував із науковою, що дозволило йому після навчання на заочному відділенні аспірантури у 1975 році захистити дисертацію на здобуття ступеня кандидата фізико – математичних наук. У 1977 році він здобув вчене звання доцента і продовжував працювати на тій же кафедрі, обіймаючи посаду доцента. Захистивши дисертацію, Михайло Степко продовжував займатись науковою роботою, писав роботи з техніки НВЧ, радіотехніки та електроніки. Він активно брав участь у науково-технічних конференціях по електроніці, був виконавцем особливо важливих науково-дослідницьких робіт та керував науковою роботою студентів, за його участю

створювались навчальні та наукові лабораторії кафедри. Його відповідальність та обов'язковість привернули увагу адміністрації університету і він призначався відповідальним секретарем приймальної комісії, що в тих умовах було дуже важливою посадою, а у 1983 році став деканом фізичного факультету і багато зробив для його розвитку.

У 1986 році Михайла Филімоновича було запрошено для роботи до Міністерства освіти і науки України (до 1991 р. Мінвуз УРСР), де він працював до 2007 року начальником відділу, заступником начальника управління, начальником Головного управління вищої освіти, першим заступником голови Вищої атестаційної комісії, заступником державного секретаря та заступником міністра цього міністерства.

Тривалий час Михайло Филімонович був представником України у Комітеті Ради Європи з питань вищої освіти і науки (1991 – 2007 роки), протягом чотирьох років його обирали членом Бюро Комітету Ради Європи з питань вищої освіти і науки, брав участь у розробленні стратегії розвитку вищої освіти у Європі, що передувало початку Болонського процесу [2]. Він також був членом Міжвідомчої комісії з впровадження рекомендацій Болонського процесу в системі вищої освіти України.

Обіймаючи відповідальні посади у МОН України, Михайло Филімонович не припинив педагогічну діяльність, працюючи за сумісництвом у Національному технічному університеті України «КПІ імені Ігоря Сікорського» на посадах доцента та професора кафедри загальної та експериментальної фізики (з 2021 р. кафедра загальної фізики), де до 2001 року читав курс загальної фізики студентам енергетичних спеціальностей. консультував молодих викладачів кафедри, а також займався науковою роботою у галузі напівпровідникової електроніки. Під час роботи на цій кафедрі він отримав вчене звання професора.

У 2007 році М.Ф. Степко обійняв посаду першого заступника, а з 2012 року – директора Інституту вищої освіти Національної академії педагогічних наук України, у 2011 – 2014 роках був членом Національної команди експертів з реформування вищої освіти України. У 2015 році Михайло Филімонович перейшов на посаду директора Центрального інституту післядипломної педагогічної освіти, спрямовуючи свою діяльність на підвищення професіоналізму педагогічних працівників при здійснюванні ними освітнього процесу.

М.Ф. Степко – член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України з 2003 року. Він є автором понад 125 наукових праць, за його участю розроблено нормативно-правові документи, що забезпечують функціонування та розвиток системи вищої освіти України, зокрема закони

«Про освіту», «Про вищу освіту»; державна програма «Освіта (Україна ХХІ століття)». Коло педагогічних інтересів Михайла Филімоновича охоплює сфери розвитку вищої освіти України, порівняльний аналіз систем освіти країн світу, роль і місце освіти та науки у розвитку особистості і суспільства.

Михайло Филімонович завжди підтримував розвиток педагогічної науки, сприяв створенню багатьох спеціалізованих вчених рад із захисту дисертацій, йому були притаманні риси високої порядності, чесності, принциповості. Він щиро допомагав багатьом науково-педагогічним працівникам різних регіонів України.

М.Ф. Степко отримав почесне звання «Заслужений працівник народної освіти України» (1997), був відзначений державними нагородами: орденом «За заслуги» (2005), Почесною грамотою Кабінету міністрів України, Почесною грамотою Верховної Ради України, нагородами Міністерства освіти і науки України та Національної академії педагогічних наук України, зокрема медаллю «Ушинський К.Д.» (2014).

Михайлу Филімоновичу довелося працювати у нелегкі часи змін, перебудови освіти, університетів та цілей навчання. Він був реформатором, який бачив можливі наслідки процесів і скеровував їх на користь суспільства. Цікавий співрозмовник із багатою ерудицією, широким світоглядом і ґрунтовними знаннями – таким був Михайло Степко, життєвий і творчий шлях якого може слугувати прикладом високої порядності, щирості, принциповості та професіоналізму. Можна з упевненістю стверджувати, що всі, хто спілкувався з Михайлом Филімоновичем Степком, із глибокою вдячністю згадують свого керівника, наставника або колегу, щиро сумуючи з приводу його відходу з життя, що стався 28 травня 2020 року.

ЛІТЕРАТУРА

[1] Єфремова, В. (2010, березня 2). Пора жнив та збору плодів. *Ромен: Літературно-історичний альманах*.

[2] Харченко, В. (2020, травня 29). Співчуття. *Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*. <https://karazin.ua/news/pishov-z-zhyttia>

Кіріченко В.В., Подласов С.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: tooriiiaaa@gmail.com*

НАУКОВІ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ШКОЛИ НАВЧАЛЬНО- НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ КПІ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

Анотація. розглянуто роль особистості в науці, зокрема значення індивідуальних якостей дослідника для ефективної наукової творчості. Визначаються основні характеристики наукових шкіл, їхні особливості та критерії успішної діяльності. Представлені наукові школи НН ІАТЕ КПІ ім. І. Сікорського.

Abstract. the role of the individual in science is considered, in particular the importance of the individual qualities of a researcher for effective scientific creativity. The main characteristics of scientific schools, their features and criteria for successful activity are determined. The scientific schools of the IATE Kyiv Polytechnic Institute named after I. Sikorsky are presented.

Ключові слова: наука, особистість дослідника, наукова школа, дослідницька діяльність, університетська освіта.

Keywords: science, researcher's personality, scientific school, research activity, university education.

Ефективна наукова діяльність передбачає наявність у дослідника певних особистісних якостей, зокрема допитливості [2], критичного мислення, наполегливості та вміння працювати в команді. Безперервне самовдосконалення сприяє розкриттю потенціалу науковця та формуванню професійних навичок у дослідницькій сфері [1].

Для досягнення успіху в науці важливою є цілеспрямованість [2]. Дослідник має бути впевненим у власних силах, працьовитим і вмотивованим. Крім того, необхідно бути обізнаним із сучасними досягненнями як вітчизняної, так і світової науки [1].

● **Сутність наукової школи**

Наукова школа – це спільнота дослідників, що об'єднані спільними ідеями та підходами до вирішення унікальних наукових проблем [3].

Основними критеріями ефективної наукової школи є: розробка унікальних дослідницьких напрямів, спільність методології та

експериментальної роботи, наставництво молодих учених, участь у міжнародних проєктах та наукових заходах [4].

Вищі навчальні заклади відіграють ключову роль у формуванні наукових шкіл, оскільки більшість дослідників працює саме в університетах та науково-дослідних інститутах. Зміст науково-дослідних тем має бути актуальним і включати не лише теоретичні узагальнення, а й практичний підхід до розв'язання прикладних завдань.

Прикладом успішного розвитку наукових шкіл є кафедра ІАТЕ Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», яка відома своїми досягненнями у сфері електроніки та інших галузях. Вагомий внесок у становлення цих шкіл зробили їхні очільники, дослідження діяльності яких дозволяє глибше оцінити перспективи відповідних наукових напрямів.

Є.М. Письменний очолює наукову школу «Теплообмін, гідродинаміка та надійність енергетичного обладнання». Професор Письменний розробив нові типи інтенсифікованих теплообмінних поверхонь, що дозволили знизити металомісткість та покращити енергетичні показники теплообмінних пристроїв [6].



Письменний Євген Миколайович

Директор Навчально-наукового інституту атомної і теплової енергетики, науковий керівник кафедри атомної енергетики, Заслужений діяч науки і техніки України.

В.Ю. Кравець очолює наукову школу «Управління ефективністю процесів горіння і ресурсом обладнання теплової та альтернативної енергетики». Під його керівництвом проводяться дослідження, які дозволяють оптимізувати експлуатацію енергетичного обладнання та продовжувати його ресурс [6].



Кравець Володимир Юрійович

Професор кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

В.О. Туз є представником наукової школи «Термодистиляція та інтенсифікація тепломасообмінних процесів». Професор Туз розробив технології відцентрової дистиляції для виробництва чистої води в космічних системах та безводних районах, що мали важливе значення для забезпечення життєдіяльності в екстремальних умовах [6].



Туз Валерій Омелянович

Професор кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики, завідувач кафедри атомної енергетики

Важливими показниками діяльності наукової школи є залучення в наукове середовище студентів та популяризація активності наукових шкіл, організація наукових конференцій та залучення фінансування з міжнародних грантів, що в свою чергу буде сприяти покращенню обладнання та зростанню нового покоління вчених.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Роль особистості вченого в науці. (n.d.). *Studopedia*.
https://studopedia.com.ua/1_13258_rol-osobistosti-vchenogo-v-nautsi.html
- [2] Роль особистості вченого в науці. (n.d.). *Lib-Net*. http://lib-net.com/content/11050_Rol_osobistosti_vchenogo_v_nayci.html
- [3] Надвинична, Т. (2003). *Розвиток наукових шкіл як суспільна проблема*.
<http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/8048/1/4.pdf>
- [4] Хоружа, Л. (2012). *Наукові школи – основа розвитку сучасного університету*.
https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/10553/1/L_Horuja_28_03_12_konf_IS.pdf
- [5] Ворощук, О. Д. (2021). Теоретичний аспект феномена «наукова школа». *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, (74, ч. 1), 89–93.
http://www.pedagogy-journal.kpu.zp.ua/archive/2021/74/part_1/15.pdf
- [6] Наукові школи КПІ ім. Ігоря Сікорського у сфері енергетики. (n.d.). *Науково-технічна спілка енергетиків України*. <https://ntseu.net.ua/kpi-history-2/>

Клименко М.А., Скіцько І.Ф.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: margoklimenko11@gmail.com*

ПАТОНІВСЬКА НАУКОВА ШКОЛА У ВИМІРАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

Анотація. *Доповідь містить короткий огляд сучасних напрямів наукової діяльності Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона (ІЕЗ) НАН України та тези щодо опублікованих досліджень 2024 року.*

Abstract. *The report contains a brief overview of the modern directions of scientific activity of the E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine (PWI) and a thesis on the published 2024 studies.*

Ключові слова: *Є.О. Патон, Інституту електрозварювання (ІЕЗ), наукова діяльність, експериментальні дослідження.*

Keywords: *E.O. Paton, Electric Welding Institute (PWI), scientific activity, experimental research.*

При згадці прізвища Патон кожному одразу спадають на думку Інститут електрозварювання, міст Патона та скульптура «Батьківщина-Мати». Актуальність внеску видатних учених — академіка Євгена Оскаровича Патона, чий науковий шлях в Україні розпочався у Київському політехнічному інституті; академіка Бориса Євгеновича Патона — випускника цього ж інституту; та заслуженого винахідника УРСР Володимира Євгеновича Патона — полягає у виокремленні зварювання металів як окремої галузі науки, у постійному вдосконаленні наявних технологій, упровадженні новаторських напрямів через розвиток споріднених технологій та розширення сфер їхнього застосування.

Освітній шлях патонівської школи розвивався від організації в Києві академіком АН УРСР Є.О. Патоном Електрозварювальної лабораторії у 1929 р. до створення у 1939 році Інституту електрозварювання — потужного українського науково-технічного комплексу з повним освітньо-виробничим циклом, який нині сьогодні містить сорок наукових відділів, діяльність котрих охоплює майже всі актуальні сфери досліджень, зосібна для потреб військово-промислового комплексу та медицини — зварювання живих тканин, біосумісні покриття (технологія мікроплазмового напилення) [1].

Наукова діяльності ІЕЗ – це не лише зварювання та споріднені процеси, які беззаперечно залишаються концептуальними щодо майже всіх існуючих способів зварювання – від дугового та контактено-стикового до зварювання пластмас та обробки металів вибухом, але й інші сфери досліджень [2]:

- електроенергетика; машино- та авіабудування; аерокосмічна, гірничодобувна та нафтогазова промисловість – фізико-металургійні процеси наплавлення зносостійких та жароміцних сталей, сплавів (адитивне наплавлення) зокрема для відновлення працездатності лопатей гідравлічних турбін, деталей авіаційних газотурбінних двигунів тощо; використання новітніх покриттів, мікроплазмових і легованих порошків на основі інтерметалідів та детонаційне газове напилення [3]; отримання перспективних сплавів для будування сучасних авіадвигунів [4], протикорозійний захист металоконструкцій захисного укриття ЧАЕС Конфайнмент та металоконструкцій гідрогенеруючого комплексу України; корозійна стійкість металів, сплавів та їх зварних з'єднань, електрохімічний захист, корозійний моніторинг магістральних трубопроводів та розробка приладів для його проведення [5]; неруйнівні методи оцінки залишкових напружень зварних з'єднань застосуванням імпульсів струму високої щільності та лазерної спекл-інтерферометрії, що дозволяє отримати для зразка в стані «напруження розтягу-деформація» карти переміщень та деформацій безперервним вимірюванням площинної деформації з відображенням відповідних зон деформації [6];

- аналітичне моделювання та чисельні розрахунки методом скінченних елементів процесів початкової кутової деформації з визначенням нових формул обчислення коефіцієнта концентрації напружень у перехідних зонах металоконструкцій; математичне моделювання загальних габаритних деформацій металоконструкцій з використанням чисельного аналізу термопластичності та кінетичних процесів, напружено-деформованих станів зварних з'єднань [7].

Це далеко не повний перелік, адже Інститут електрозварювання, як і будь який науковий заклад України – це результат сумлінної довготривалої наукової діяльності цілої плеяди видатних українських вчених, викладачів, інженерів, яких отримала наукова спільнота не лише України, а й світу завдяки можливості реалізації студентами своїх знань, вмінь та навичок, отриманих під час навчання на високому професійному викладацькому рівні в ВНЗ України. Отож, головне завдання держави в складних умовах сьогодення – це збереження вже існуючого наукового, технічного та освітнього потенціалу України, адже економічна привабливість країни та її стабільність – це високий

науковий потенціал, який забезпечується людьми, попередніми науковими здобутками та інноваціями.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Maksymov, S. Yu., Voinarovych, S. G., Kaliuzhnyi, S. N., Kyslytsi, O. N., Sviridova, I. S., Alontsev, D. L., & Yamanoglu, R. (2024). Coating for medical application produced by microplasma spraying from Zr-Nb alloy. *Automatic Welding*, 6, 10–16. <https://doi.org/10.37434/as2024.06.02>
- [2] Проблеми ресурсу та безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин. (2012). *Збірник наукових статей*.
<https://patonpublishinghouse.com/compilations/resurs2012.pdf>
- [3] Kolisnichenko, O. V., Korzyk, V. M., Stukhlyak, P. D., Kildiy, A. I., Tovbin, R., Shinlov, M., & Mudrichenko, V. (2024). Development of detonation gas spraying technology of coatings in the E.O. Paton Electric Welding Institute of the NASU (Overview). *Automatic Welding*, 4, 3–14.
<https://doi.org/10.37434/as2024.04.01>
- [4] Ovchinnikov, O. V., Akhonin, S. V., Berezos, V. O., Severin, A. Yu., Galenkova, O. B., & Shevchenko, V. G. (2024). Producing advanced alloys based on titanium aluminides for modern aircraft engine manufacturing. *The Paton Welding Journal*, 3, 33–39. <https://doi.org/10.37434/tpwj2024.03.05>
- [5] Kovalenko, S., Rybakov, A., Gerasimenko, Yu., & Dumitrescu, A. (2014). Methods of electrochemical monitoring stress-corrosion cracking of pipe steels. In R. G. Ripeanu (Ed.), *Balkantrib'14* (pp. 432–438). Sinaia: Publishing House Petroleum-Gas University, Romania. <https://www.researchgate.net/profile/Razvan-George-Ripeanu/publication/273127503>
- [6] Lobanov, L. M., Savitsky, V. V., Shutkevych, O. P., Shyan, K. V., & Kyanets, I. V. (2024). Nondestructive method of residual stress determination in welded joints based on application of high-density current pulses and speckle-interferometry. *The Paton Welding Journal*, 1, 51–56.
<https://doi.org/10.37434/tpwj2024.01.08>
- [7] Lobanov, L. M., Pashchyn, M. O., Mikhodu, O. L., Todorovych, N. L., Sydorenko, Yu. M., & Ustymenko, P. R. (2024). Computational evaluation of the influence of the thickness of welded joints of AMg6 alloy on their stress-strain state after electrodynamic treatment in the process of welding. *Automatic Welding*, 2, 16–21. <https://doi.org/10.37434/as2024.02.03>

Коваленко А.І., Колган В.В., Якуніна Н.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: artem27igor@gmail.com*

ОЛЕКСІЙ ГРИГОРОВИЧ ІВАХНЕНКО: ЖИТТЄВИЙ ШЛЯХ І НАУКОВА СПАДЩИНА

Анотація. У цій роботі висвітлено життя та наукову діяльність радянського, а згодом українського вченого Олексія Григоровича Івахненка. Розкрито основні етапи його навчання та становлення як науковця. Особливу увагу приділено його внеску в розвиток кібернетики та математичних наук.

Abstract. This paper highlights the life and scientific work of Oleksii Hryhorovych Ivakhnenko, a Soviet and later Ukrainian scholar. It outlines the key stages of his education and professional development as a scientist. Particular attention is given to his contributions to advancing cybernetics and mathematical sciences.

Ключові слова: Івахненко; Олексій Григорович; кібернетика; електроавтоматика; комбіновані системи управління; індуктивне моделювання; системи керування з самонавчанням.

Keywords: Ivakhnenko; Oleksiy Grigorovich; cybernetics; electrical automation; combined control systems; inductive modeling; self-learning control systems.

В останні роки спостерігається справжній «інформаційний бум», зумовлений стрімким розвитком систем штучного інтелекту, нейронних мереж, а також технологій, заснованих на глибинному та машинному навчанні. Сьогодні широкого розголосу набули генеративні моделі та системи штучного інтелекту, зокрема ChatGPT, DeepSeek, ClaudeAI, MistralAI та багато інших, менш відомих широкому загалу.

Втім, мало хто знає, що біля витоків цих технологій стояли й українські вчені. Одним із таких представників наукової еліти був Олексій Григорович Івахненко (30 березня 1913 – 16 жовтня 2007), який зробив вагомий внесок у розвиток систем штучного інтелекту, глибинного навчання та заснував школу індуктивного моделювання [1].

Метою цієї роботи є висвітлення життя та наукової діяльності Олексія Григоровича Івахненка – радянського, а згодом українського вченого. Розглядається його внесок у розвиток автоматичного керування, інформатики

та кібернетики, а також згадується розроблений ним метод групового урахування аргументів (МГУА).

Олексій Григорович Івахненко народився 30 березня 1913 року в місті Кобеляки Полтавської губернії в родині вчителів. У 19-річному віці, закінчивши Київський енерготехнікум, він вирушив працювати інженером на будівництво найбільшої в СРСР Березняківської ТЕЦ на Уралі (1932). Саме там він познайомився з методами налагодження автоматичних систем регулювання, що згодом визначило його наукові інтереси на все життя.

У 1933 році він вступив до Одеського морського інституту на спеціальність «капітан далекого плавання», однак вже з 1934 по 1938 роки продовжував навчання у Ленінградському електротехнічному інституті (ЛЕТІ). Після завершення навчання у 1938 році Олексій Івахненко отримав призначення до Всесоюзного електротехнічного інституту в Москві. Того ж року він опублікував свою першу наукову статтю, присвячену термоелементам. Уже в 1943 році, у віці 30 років, він захистив кандидатську дисертацію.

Після звільнення Києва від німецько-фашистських загарбників у 1944 році Олексій Григорович залишив Всесоюзний електротехнічний інститут і, нарешті, зміг повернутися додому – в Україну. Спершу він працював старшим науковим співробітником у Київському інституті будівельної механіки, а згодом – в Інституті енергетики АН УРСР, де у 1945 році здобув вчене звання старшого наукового співробітника.

Починаючи з 1945 року, Олексій Григорович обіймав посаду доцента кафедри автоматики і телемеханіки Київського політехнічного інституту. З 1947 року він також працював старшим науковим співробітником Інституту електротехніки АН УРСР. Зрозуміло, що його наполеглива праця у науковій сфері не залишилася непоміченою: у 1953 році Олексій Григорович був нагороджений медаллю «За трудову відзнаку».

Уже наступного року, у 1954-му, Олексій Григорович захистив докторську дисертацію, у якій уперше були викладені результати розробки теоретичних основ інваріантних систем автоматичного керування, а також запропонована четверта форма інваріантності — для систем стеження [1].

Через два роки, у 1956 році, він здобув вчене звання професора та очолив лабораторію автоматичного регулювання виробничих процесів Інституту електротехніки АН УРСР. А вже у 1958 році став професором Київського політехнічного інституту [2].

У 1961 році Олексія Григоровича було обрано членом-кореспондентом Академії наук УРСР. У 1962 році він обійняв посаду завідувача відділу технічної кібернетики Інституту електротехніки АН УРСР.

А вже у 1963 році, на запрошення Віктора Михайловича Глушкова, разом зі своїми співробітниками перейшов до щойно створеного Інституту кібернетики АН УРСР, де до 1989 року очолював відділ комбінованих систем управління. У цей період Олексій Григорович був удостоєний кількох високих відзнак: у 1969 році – медалі «За доблесну працю»; у 1972 році – почесного звання «Заслужений діяч науки УРСР»; а у 1988 році – ордена «Дружби народів».

Саме в ці роки Олексієм Григоровичем було винайдено метод групового урахування аргументів (МГУА) — метод індуктивного моделювання та прогнозування складних процесів і систем. У журналі «Автоматика» у 1968 році ним була опублікована знакова стаття «Метод групового урахування аргументів — конкурент методу стохастичної апроксимації» [1, 3]. Ця публікація ознаменувала початок нового етапу в його науковій діяльності. Метод МГУА безперервно розвивається протягом останніх 40 років. Так, наприклад, у 1984 році в США була видана колективна монографія американських і японських учених, у якій подано характеристику МГУА та приклади його ефективного застосування в різноманітних прикладних галузях [4]. У мережі Інтернет за ключовим словом GMDH (Group Method of Data Handling) можна знайти велику кількість публікацій, присвячених методології МГУА [1].

Починаючи з 1989 року, Олексій Григорович Івахненко обіймав посаду головного наукового співробітника Інституту кібернетики АН УРСР. У 1991 році йому було присуджено Державну премію України за цикл робіт із теорії інваріантності автоматичних систем. У 1995 році він став радником дирекції Інституту кібернетики АН України, а з 1997 року — радником дирекції одного з інститутів Кібернетичного центру НАН України, а саме Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій і систем НАН України та Міністерства освіти і науки України. Того ж року, у 1997-му, він вдруге був удостоєний Державної премії України — цього разу за цикл робіт з інформаційних технологій у галузі штучного інтелекту [1–2].

За своє життя Олексій Григорович Івахненко створив численні наукові статті та монографії, висунувши низку революційних ідей. Його внесок у розвиток електроавтоматизації та машинного навчання важко переоцінити. Саме він першим запропонував принцип автоматичного регулювання швидкості асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором — попри те, що на той час це вважалося неможливим. Не зупиняючись на досягнутому, Івахненко продовжив дослідження в галузі автоматизації. Зокрема, він довів можливість практичного застосування теорії інваріантності, реалізувавши низку систем регулювання швидкості електродвигунів. Також ним була

розроблена оригінальна схема вимірювання збурення за вхідними та вихідними параметрами об'єкта. Цей принцип втілено у пристрої, який отримав назву «диференційна вилка». Крім того, Івахненко першим звернув увагу на помилку в оцінці можливостей теорії інваріантності, запропонувавши замість одноконтурної схеми – двоконтурну, що мала значно ширші функціональні можливості. Саме йому належить крилатий вислів: «Одноконтурна система – бідна, як пустеля» [1].

Олексій Івахненко був прикладом ученого з гострим відчуттям новизни та винятковою науковою інтуїцією. Він активно працював, щедро генеруючи оригінальні ідеї та досягаючи вагомих наукових результатів. За своє життя він написав близько 40 монографій і понад 400 наукових статей [5]. Його життєве кредо найкраще передає власна фраза: «Наука — це моє життя. Це те, чим я дихаю, заради чого живу у білому світі» [6].

Олексій Григорович Івахненко помер 16 жовтня 2007 року у віці 94 років. Проте його внесок у розвиток математики, інформатики та кібернетики залишається джерелом натхнення для нових поколінь науковців.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Степашко, С. В., & Степашко, В. С. (2013). Академік Олексій Івахненко: життєвий і творчий шлях ученого. *Journals of National Academy of Sciences of Ukraine*. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001168155>
- [2] Івахненко Олексій Григорович | КПІ ім. Ігоря Сікорського. (н.д.). *КПІ ім. Ігоря Сікорського*. <https://kpi.ua/ivakhnenko-photo>
- [3] Івахненко, О. Г. (1968). Метод групового урахування аргументів — конкурент методу стохастичної апроксимації. *Автоматика*, 13(3), 57–73.
- [4] Івахненко Олексій Григорович. (н.д.). <https://ied.org.ua/vcheni/ivahnenko-oleksij-grigorovich/>
- [5] GMDH. (н.д.). *About the author*. https://www.gmdh.net/GMDH_ag.htm
- [6] Бобрищев, К. В. (2002). *Отчий край* (с. 284–293). Полтава: Дивосвіт. <https://www.gmdh.net/AG/Ivakhnenko.htm>

Ковальський А.А., Тулученко Г.Я.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Курникова, 2, м. Харків,
email: artem.kovalskyi@ieee.khpi.edu.ua*

РОЛЬ ФРІДРІХА РОБЕРТА ГЕЛЬМЕРТА У РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛУ ХІ-КВАДРАТ

Анотація. *Розглянуто внесок Фрідріха Роберта Гельмерта у розвиток розподілу Хі-квадрат, а також вплив його досліджень на сучасний статистичний аналіз.*

Abstract. *The paper examines Friedrich Robert Helmert's contribution to the development of the chi-square distribution, his role in statistics and geodesy, and the impact of his research on modern statistical analysis.*

Ключові слова: *розподіл Хі-квадрат, статистика, геодезія, Гельмерт, Пірсон.*

Key words: *Chi-square distribution, statistics, geodesy, Helmert, Pearson.*

Глибокий аналіз генезису фундаментальних концепцій, таких як розподіл χ^2 -квадрат, розробку якого започаткував Фрідріх Роберт Гельмерт, є необхідним для повноцінного розуміння сучасного статистичного інструментарію. Попри засадничу роль цього розподілу в теорії та практиці статистики, історичний контекст його виникнення та внесок окремих особистостей, зокрема Гельмерта, часто залишаються поза фокусом сучасної математичної історіографії та дидактики.

Дослідження наукової спадщини Гельмерта дозволяє уточнити етапи розвитку статистики та виявити потенційно евристичні аспекти його методології. Аналіз першоджерел розкриває мотивацію досліджень, зв'язок із тогочасними науковими проблемами (напр., теорією похибок) та еволюцію математичного апарату, що призвела до формалізації критерію χ^2 . Розуміння цього генезису поглиблює сприйняття теоретичних основ сучасної статистики та може стимулювати розробку нових підходів в аналізі даних і стохастичному моделюванні.

Одним із важливих попередників Карла Пірсона в розробці критерію Хі-квадрат є німецький математик і геодезист Фрідріх Роберт Гельмерт (1843–1917) [1]. У 1876 році, задовго до робіт Карла Пірсона (рис. 1) [2], Гельмерт опублікував роботу «Про ймовірність степеневих сум похибок спостережень та деякі пов'язані з цим питання» (рис. 2) [3].

X. On the Criterion that a given System of Deviation from the Probable in the Case of a Correlated System of Variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from Random Sampling. By KARL PEARSON, F.R.S University College, London*.

THE object of this paper is to investigate a criterion of the probability on any theory of an observed system of errors and to apply it to the determination of goodness of fit in the case of frequency curves.

(1) Preliminary Proposition. Let $x_1, x_2, \dots, x_n$ be a system of deviations from the means of n variables with standard deviations $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ and with correlations $r_{12}, r_{13}, r_{23}, \dots, r_{n-1, n}$.

Then the frequency surface is given by

$$Z = Z_0 e^{-\frac{1}{2} \left\{ S_1 \left(\frac{R_{pp}}{R} \frac{x_p^2}{\sigma_p^2} \right) + 2S_2 \left(\frac{R_{pq}}{R} \frac{x_p x_q}{\sigma_p \sigma_q} \right) \right\}}$$

where R is the determinant

$$\begin{vmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \dots & r_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

and R_{pp}, R_{pq} the minors obtained by striking out the p th row and p th column, and the p th row and q th column. S_1 is the sum for every value of p , and S_2 for every pair of values of p and q .

Now let

$$\chi^2 = S_1 \left(\frac{R_{pp}}{R} \frac{x_p^2}{\sigma_p^2} \right) + 2S_2 \left(\frac{R_{pq}}{R} \frac{x_p x_q}{\sigma_p \sigma_q} \right) \dots \dots \dots (ii)$$

Then: $\chi^2 = \text{constant}$, is the equation to a generalized "ellipsoid," all over the surface of which the frequency of the system of errors or deviations $x_1, x_2, \dots, x_n$ is constant. The values which χ must be given to cover the whole of space are from 0 to ∞ . Now suppose the "ellipsoid" referred to its principal axes, and then by squeezing reduced to a sphere $X_1, X_2, \dots, X_n$ being now the coordinates; then the chance of a system of errors with as great or greater frequency than

* Communicated by the Author.

Рис. 1 Перша сторінка роботи [2] Карла Пірсона

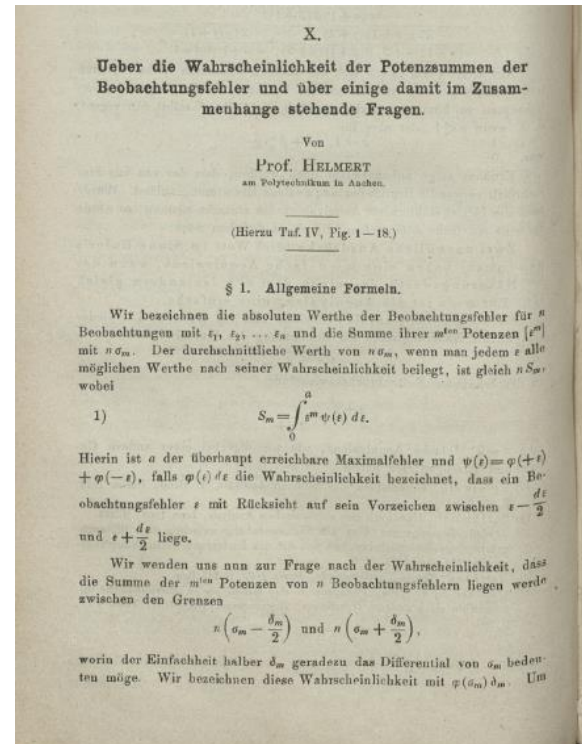


Рис. 2 Перша сторінка роботи [3] Фрідріха Роберта Гельмерта

У цій роботі він математично довів, якщо $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ - незалежні випадкові величини зі стандартним нормальним розподілом ($N(0, 1)$), то сума їх квадратів:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n Z_i^2$$

має розподіл, який нині відомий як розподіл Хі-квадрат з n ступенями свободи.

Гельмерт також розглянув важливий окремий випадок, тісно пов'язаний зі практичним застосуванням критерію Хі-квадрат. Він показав, якщо $X_1, X_2, \dots, X_n$ є незалежними випадковими величинами, що мають нормальний розподіл із математичним сподіванням μ та дисперсією σ^2 ($N(\mu, \sigma^2)$), тоді статистика:

$$\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} = \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (1)$$

де $\bar{X}$ - вибіркове середнє, а S^2 - вибіркова дисперсія, має розподіл Хі-квадрат з $(n-1)$ ступенями свободи.

Хоча розподіл Хі-квадрат нині асоціюється з ім'ям Карла Пірсона, його справжнім першовідкривачем був Фрідріх Роберт Гельмерт. Він застосував описані вище теоретичні результати до аналізу похибок вимірювань у геодезії, що стало основою для подальшого використання цього розподілу в статистичному аналізі. Зазначені дослідження Гельмерт здійснював під час роботи викладачем (а згодом професором) на кафедрі практичної геометрії та геодезії у Рейнсько-Вестфальському технічному університеті Аахена (Німеччина) [1].

Свої наукові результати Гельмерт публікував у німецьких виданнях [4], що обмежило коло науковців, ознайомлених із його працями. Відсутність перекладів англійською мовою спричинила те, що згодом його результати були незалежно повторно відкриті англomовними статистиками: розподіл хі-квадрат – Карлом Пірсоном (1900), а розподіл вибіркової дисперсії для вибірки з нормального розподілу – Стьюдентом (1908) та Фішером (1915, 1925) [5].

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Helmert, F. R. (n.d.). *RWTH Aachen University GIA – English*. RWTH Aachen University. <https://www.gia.rwth-aachen.de/cms/gia/das-institut/geschichte/~bfgbfx/helmert/?lidx=1>
- [2] Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157–175. <https://doi.org/10.1080/14786440009463897>
- [3] Helmert, F. R. (1876). Ueber die Wahrscheinlichkeit der Potenzsummen der Beobachtungsfehler und über einige damit im Zusammenhang stehende Fragen. *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, 21, 192–219. http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN599415665_0021&DMDID=DMDLOG_0018
- [4] Helmert, J. H. (n.d.). *JH Helmert Bibliographie*. GFZ Potsdam. https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_117035/component/file_117034/content
- [5] Plackett, R. L. (1983). Karl Pearson and the chi-squared test. *International Statistical Review*, 61(1), 1–14. <https://doi.org/10.2307/1402731>

Ковтун Б.А., Братусь Т.І.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: tatjana.bratus@gmail.com*

АКАДЕМІК БРОДИН МИХАЙЛО СЕМЕНОВИЧ – ВИЗНАЧНИЙ ВЧЕНИЙ У ГАЛУЗІ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

Анотація. Розглянуто біографію та основні етапи наукової діяльності видатного українського вченого — академіка НАН України Михайла Семеновича Бродина, який увійшов в історію науки і техніки як визначний фахівець у галузі фізики твердого тіла, нелінійної оптики та квантової електроніки.

Abstract. The biography and key stages of the scientific career of the prominent Ukrainian scholar, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine Mykhailo Semenovych Brodyn, are examined. He is recognized in the history of science and technology as a distinguished figure in solid-state physics, nonlinear optics, and quantum electronics.

Ключові слова: фізик-експериментатор, науковий лідер, нелінійна оптика напівпровідників, квантова електроніка, директор, організатор науки.

Keywords: experimental physicist, scientific leader, nonlinear optics of semiconductors, quantum electronics, director, organizer of scientific activity.

Світова наука знає вчених, які увійшли в історію як автори унікальних, ключових для науки експериментів, знає видатних науковців, які стали лідерами потужних наукових шкіл та відомими організаторами науки. Академік Михайло Семенович Бродин, безумовно, належить до таких яскравих особистостей і як відомий фізик-експериментатор, який власноруч виконав тонкі фізичні експерименти, що мали ключове значення для формування принципів положень фізики твердого тіла минулого століття, і як науковий лідер, під керівництвом та за безпосередньою участю якого сформувався новий науковий напрям – нелінійна оптика напівпровідників, і як учений, який зробив вагомий внесок у розвиток динамічної голографії, створив засади нелінійної оптики наносистем – наночастинок, наноплівки, квантових точок. Визначні якості М.С. Бродина як вченого та організатора науки, патріота України проявилися під час його багаторічної діяльності на посаді директора Інституту фізики НАН України, академіка-секретаря Відділення фізики і астрономії НАН України, члена Президії НАН України.

Бродин Михайло Семенович – визначний учений у галузі фізики твердого тіла, нелінійної оптики та квантової електроніки, академік

Національної академії наук України (1982), заслужений діяч науки і техніки України, Державної премії України в галузі науки і техніки (1994), завідувач відділом нелінійної оптики, багаторічний головний редактор та член редколегії «Українського фізичного журналу».

Бродин М.С. народився 30 вересня 1931 року в с. Сівка (тепер Сівка-Войнилівська) на Івано-Франківщині. У 1953 році закінчив Львівський державний університет імені І. Франка і вступив до аспірантури Інституту фізики АН України. Уся подальша його наукова і трудова діяльність пов'язана з цією установою, де він пройшов шлях від аспіранта до завідувача відділу (1965) і директора (1987). Від 1965 р. до 2020 р. Бродин М.С. завідував створеним за його ініціативою відділом нелінійної оптики. Впродовж 1987-2006 років він був директором Інституту фізики НАН України. 1989-1998 роки – академік-секретар відділення фізики і астрономії НАН України, член Президії НАН України [1]. Від 2006 до 8.11.2024 року — почесний директор Інституту фізики НАН України.

Як особистість із широким колом наукових зацікавлень, Михайло Бродин залишив у спадок сучасникам і майбутнім поколінням понад 400 наукових праць, зокрема монографії, опубліковані як в Україні, так і за кордоном. До сфери його наукової діяльності входили дослідження оптичних спектрів молекулярних кристалів, низькотемпературної кристалооптики й спектроскопії кристалів, екситонів у молекулярних і напівпровідникових кристалах, а також нелінійної оптики та динамічної голографії. Починаючи з 1990 року, під керівництвом Михайла Бродина було започатковано дослідження в новому науковому напрямі – лазерній фотоакустичній спектроскопії матеріалів електронної техніки [2].

За ці та низку інших досліджень Михайло Бродин здобув численні нагороди та слав лауреатом багатьох премій, отримав орден «Знак пошани» (1981), Державну премію України в галузі науки і техніки (1994), орден «За заслуги» III ступеня (1999), II ступеня (2008), I ступеня (2012). У 2000-му році Михайло Семенович Бродин став Почесним доктором Львівського національного університету імені Івана Франка. З 2006 року він почесний доктор Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

У різні періоди своєї наукової діяльності Михайло Семенович Бродин активно займався викладацькою роботою, вважаючи її важливою складовою професійного шляху вченого. Ще у 1960-х роках, після захисту докторської дисертації, на запрошення Львівського університету він читав курс фізики твердого тіла на фізичному факультеті. У середині 1970-х років викладав курс нелінійної оптики студентам фізичного факультету Київського університету. У 1990-х роках працював за сумісництвом професором Київського політехнічного інституту, де сприяв підготовці успішних молодих науковців.

Наукова діяльність М.С. Бродина у галузі оптики і спектроскопії неметалевих кристалів, нелінійної кристалооптики та оптичної квантової електроніки напівпровідників була різноманітною. Вчений започаткував кілька важливих наукових напрямів: низькотемпературна кристалооптика і спектроскопія кристалів, молекулярні екситони; шаруваті кристали, поверхневі екситони; спектроскопія поляритонів; напівпровідникові лазери, нелінійна оптика та інші. Крім значного фундаментального внеску, роботи М.С. Бродина з нелінійної оптики та динамічної голографії мають велике практичне значення.

Від початку 1990-х років під керівництвом та за участю М.С. Бродина в Інституті фізики НАН України були проведені дослідження з фотоакустичної спектроскопії актуальних матеріалів електронної техніки. Було розроблено фізичні основи нових діагностичних засобів для неруйнівного контролю в режимі товщинного профілювання просторово неоднорідних середовищ, для яких традиційні методи діагностики були малоефективними. За цикл робіт «Рентгено-фотоакустичні явища в реальних кристалах при комбінованому впливі фізичних полів» М.С. Бродина та його учню, згодом члену-кореспонденту НАН України І.В. Блонському у складі авторського колективу було присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки за 1994 р.[1]

Утілюючи ідею спадкоємності наукових традицій, Михайло Бродин виховав плеяду успішних науковців, серед яких – один член-кореспондент НАН України, сім докторів і понад сорок кандидатів наук.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Михайло Семенович Бродин: *Біобібліографія вчених України*. (2001). Київ.
- [2] Негрійко, А. М. (2021). Вони відкривали лазерну епоху (До 90-річчя академіка НАН України М. С. Бродина). *Вісник НАН України*, (9), 71–87.

Костенко Д. М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, вул. Кирпичова 2, Харків, email: omsroot@kpi.kharkov.ua

ПРОФЕСОР ВІКТОР КИРПИЧОВ: ВНЕСОК У РОЗБУДОВУ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

***Анотація.** Розглянуто внесок Віктора Кирпичова у розвиток вищої технічної освіти в Україні. Досліджено його провідну роль у заснуванні Харківського технологічного інституту та Київського політехнічного інституту. Проаналізовано основні підходи до підготовки інженерних кадрів,*

зокрема впровадження практичного навчання та лабораторних досліджень. Визначено вплив його педагогічної та організаційної діяльності на формування сучасної системи інженерної освіти. Отримані результати свідчать про актуальність науково-освітньої спадщини Кирпичова в контексті сучасних освітніх реформ.

Abstract. The article examines the contribution of Viktor Kirpichov to the development of higher technical education in Ukraine. His role in the founding of the Kharkiv Institute of Technology and the Kyiv Polytechnic Institute is studied. The main approaches to the training of engineering personnel, including the introduction of practical training and laboratory research, are analyzed. The influence of his activities on the modern system of engineering education is determined. The results of the study confirm that Kirpichov's legacy remains relevant today.

Ключові слова: Віктор Кирпичов, вища технічна освіта, Харківський технологічний інститут, Київський політехнічний інститут, інженерна наука, методи навчання, технічна освіта в Україні.

Keywords: Viktor Kirpichov, higher technical education, Kharkiv Institute of Technology, Kyiv Polytechnic Institute, engineering science, teaching methods, technical education in Ukraine.

Розвиток вищої технічної освіти відіграє ключову роль у забезпеченні науково-технічного прогресу. Наприкінці XIX століття в Україні постала нагальна потреба у кваліфікованих інженерних кадрах для потреб промисловості. Одним із провідних реформаторів технічної освіти того часу став професор Віктор Кирпичов – видатний учений і педагог, який зробив вагомий внесок у формування сучасної системи інженерної підготовки. З його ініціативи було засновано Харківський технологічний інститут (нині НТУ «ХПІ») та Київський політехнічний інститут (НТУУ «КПІ»), що стали провідними науково-освітніми центрами країни.

Метою даного дослідження є аналіз внеску Віктора Кирпичова у становлення вищої технічної освіти в Україні, визначення його ролі у створенні провідних навчальних закладів України та оцінка впливу його освітньої моделі на підготовку інженерних кадрів.

Віктор Кирпичов народився у 1845 році в сім'ї викладача математики військового училища. Він успішно закінчив Михайлівську артилерійську академію, після чого проходив стажування за кордоном у технічно розвинених країнах, зокрема в Німеччині, Бельгії та Швейцарії. Набутий досвід суттєво вплинув на його подальшу професійну діяльність [1].

У 1885 році було засновано Харківський технічний практичний інститут (ХПТІ; з 1898 року – Харківський технологічний інститут, нині – Національний технічний університет «ХПІ»), який став першим повноцінним технічним університетом в Україні та заклав підґрунтя сучасної інженерної освіти. Віктор Кирпичов приділяв значну увагу структурі навчального процесу, прагнучи наблизити його до європейських стандартів. Як професор і адміністратор, він відстоював комплексний підхід до підготовки інженерів, що охоплював вивчення як фундаментальних наук (математики, фізики, хімії, механіки), так і спеціальних технічних дисциплін (креслення й малювання, будівельне мистецтво, архітектура). Кирпичов наголошував, що інженер повинен володіти не лише аналітичним мисленням, а й здатністю до інновацій [2].

У промові «Завдання вищої технічної освіти» на першому випуску Харківського технологічного інституту він виокремив один із своїх ключових і новаторських підходів – поєднання фундаментальної наукової підготовки з практичною діяльністю. Кирпичов вважав, що інженер не може бути лише теоретиком, але й має володіти практичними навичками, здобутими в реальних умовах виробництва. Саме тому Віктор Кирпичов запровадив спеціалізовані майстерні та наукові лабораторії, де студенти могли застосовувати отримані знання на практиці. Такий підхід сприяв інтеграції наукових досліджень у навчальний процес.

На початку діяльності ХПТІ «інститутські будівлі майже зовсім не мали меблів та внутрішнього облаштування. Це були порожні споруди, які внаслідок невикористання почали потроху занепадати...» — згадував директор Віктор Кирпичов [3]. Завдяки його зусиллям до завершення періоду керівництва інститут набув сучасної інфраструктури та висококваліфікованого викладацького складу. Уже тоді заклад став одним із провідних навчальних центрів країни, вирізняючись винятковими лабораторіями (зокрема хімічними майстернями, що не мали аналогів у межах Російської імперії) та унікальними навчальними програмами.

За підтримки Віктора Кирпичова постійно впроваджувалися нові, затребувані дисципліни: «Сільськогосподарські машини», «Парові машини та інші термічні двигуни», «Електротехніка» (практичні заняття з якої проводилися на механічному відділенні), та багато інших. Окрім того, студенти мали змогу виконувати замовлення від місцевих підприємств і здобувати практичний досвід, поєднуючи роботу з навчанням. Такий підхід сприяв підготовці дійсно кваліфікованих фахівців, що зробило вагомий внесок у розвиток технологічної індустрії – вплив якого відчутний і сьогодні [4].

Отже, завдяки реформаторській освітній діяльності Віктора Кирпичова були закладені основи системи інженерної освіти, яка відповідала потребам промисловості того часу та сприяла розвитку технічних наук. Його внесок у становлення вищої технічної освіти залишається актуальним і сьогодні, адже принципи, закладені ним, досі застосовуються як в Україні, так і за її межами.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Гутник, М., & Тверитникова, О. (2022). Перші директори-ректори НТУ «ХПІ». *Нариси життєвого та творчого шляху: монографія* (за наук. ред. проф. В. М. Скліяра). Харків: Факт.
- [2] Тверитникова, О. Є., Посвятенко, Н. І., & Мельник, Т. В. (2015). *Нариси історії розвитку прикладних технічних наук в Україні. З досвіду Харківського політехнічного інституту: монографія*. Харків: НТУ «ХПІ».
- [3] Радогуз, С. А. (2016). Наукова спадщина професора Віктора Львовича Кірпи́чова. *Дослідження з історії техніки*, 22, 52–57.
- [4] Бобир, М. І. (2013). Кирпичов Віктор Львович. *Енциклопедія Сучасної України*. Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. <https://esu.com.ua/article-6499>

Маслянчук М.О., Коваль О.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: masha.m2311@gmail.com*

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК КИЇВСЬКОЇ ШКОЛИ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ

Анотація. *Стаття присвячена історії становлення та розвитку Київської школи теорії ймовірностей, яка є важливою складовою української математичної науки. Розглянуто внесок видатних учених: Віктора Буняковського, Михайла Остроградського, Михайла Ващенко-Захарченка, Йосипа Гіхмана, Анатолія Скорохода, Михайла Ядренка та Бориса Гніденка у формування теорії випадкових процесів, математичної статистики та суміжних дисциплін. Проаналізовано ключові досягнення школи, її вплив на світову науку, а також сучасний стан і перспективи розвитку в контексті новітніх технологій.*

Abstract. *The article is devoted to the history of the formation and development of the Kyiv School of Probability, an important component of Ukrainian mathematical science. The contribution of prominent scientists such as*

Viktor Bunyakovsky, Mykhailo Ostrogradsky, Mykhailo Vashchenko-Zakharchenko, Joseph Hichman, Anatolii Skorokhod, Mykhailo Yadrenko, and Borys Hnidenko to the development of the theory of random processes, mathematical statistics, and related disciplines is considered. The key achievements of the school, its influence on world science, and the current state and prospects of development in the context of the latest technologies are analyzed.

Ключові слова: *Київська школа, теорія ймовірностей, випадкові процеси, математична статистика, українська наука.*

Keywords: *Kyiv school, probability theory, random processes, mathematical statistics, Ukrainian science.*

Розвиток теорії ймовірностей в Україні, що бере початок у глибинах ХІХ століття, має не лише історичне значення, але й залишається надзвичайно актуальним у сучасному світі. Внесок українських науковців, зокрема представників Київської школи теорії ймовірностей, є вагомим для світової науки, а їхні ідеї та методи знаходять широке застосування в передових галузях – таких як штучний інтелект, аналіз великих даних, фінансове моделювання та багато інших. Саме тому метою цього огляду є простежити історію становлення й розвитку теорії ймовірностей в Україні та оцінити внесок її провідних представників.

Одним із перших дослідників, які звернулися до теорії ймовірностей, був Віктор Якович Буняковський, народжений 16 (4) грудня 1804 року в місті Барі Подільської губернії (нині — Вінницька область). Освіту він здобув у Західній Європі під керівництвом таких видатних математиків, як Огюстен-Луї Коші та П'єр-Симон Лаплас, а в 1825 році захистив докторську дисертацію в Парижі. З 1826 року працював у Санкт-Петербурзі, де згодом обіймав посаду віце-президента Імператорської академії наук (1864–1889).

Буняковський став одним із перших у російській імперії, хто систематизував теорію ймовірностей, особливу увагу приділяючи її практичному застосуванню в демографії, статистиці та страховій справі. Його методи, зокрема демографічні таблиці, відомі як «метод Буняковського», використовувалися для пенсійного забезпечення й суттєво вплинули на розвиток актуарної математики [1]. У 1846 році він опублікував перший в російській імперії підручник «Основи математичної теорії ймовірностей», що став суттєвим етапом у популяризації цієї дисципліни.

Іншою важливою постаттю ХІХ століття був Михайло Васильович Остроградський, народжений 24 (12) вересня 1801 року в селі Пашенівка Полтавської губернії. Він навчався в Харківському університеті, а згодом у

Парижі, де спілкувався з такими видатними математиками, як П'єр-Симон Лаплас і Симеон Дені Пуассон. Хоча основні наукові здобутки Остроградського пов'язані з математичним аналізом і механікою, його ідеї значною мірою вплинули на формування математичної освіти в Україні. Через своїх учнів і послідовників він сприяв розвитку ймовірнісних методів [2]. Також Остроградський приділяв увагу практичним аспектам теорії ймовірностей, зокрема критикував діяльність страхових компаній і лотерей.

У 1863 році Михайло Єгорович Ващенко-Захарченко, викладач Київського університету Святого Володимира (нині Київський національний університет імені Тараса Шевченка), прочитав перший систематизований курс лекцій із теорії ймовірностей, що стало важливим етапом у становленні місцевої математичної школи [3]. Він провів дві пробні лекції: «Теорія ймовірностей» та «Метод найменших квадратів і його застосування при обробці результатів досліджень», які отримали схвальну оцінку і заклали основу для подальшого викладання цієї дисципліни в Київському університеті.

Справжній розквіт Київської школи припав на ХХ століття, коли з 1947 по 1966 рік Йосип Ілліч Гіхман очолював кафедру теорії ймовірностей у Київському державному університеті (нині КНУ імені Тараса Шевченка). Народжений 26 травня 1918 року в Умані, Гіхман здобув освіту в Київському університеті, але через Другу світову війну завершив її лише після повернення з фронту. У 1948 році він захистив докторську дисертацію з теорії випадкових процесів, а згодом очолив кафедру в КНУ, якою керував до 1966 року [4]. Гіхман розробив основи аналізу стохастичних систем і разом з Анатолієм Володимировичем Скороходом створив класичну працю «Вступ до теорії випадкових процесів» (1965), яка стала фундаментальним підручником для математиків усього світу [5]. Його дослідження стохастичних диференціальних рівнянь знайшли застосування у фізиці, біології та фінансовій математиці.

Анатолій Скороход, народжений 10 вересня 1930 року в Нікополі, став одним із найвидатніших представників Київської школи. Після закінчення Київського університету та наукової роботи під керівництвом Йосипа Гіхмана він у 1957 році захистив кандидатську дисертацію, а в 1964 році докторську. Скороход запропонував концепцію так званого «простору Скорохода»^б – топологічного простору для аналізу траєкторій випадкових процесів, що став ключовим інструментом у стохастичному аналізі [6]. Його наукові праці з теорії мартингалів і стохастичних диференціальних рівнянь здобули міжнародне визнання. У 1993 році він був відзначений премією Американського математичного товариства (Leroy P. Steele Prize).

Незважаючи на те, що останні роки життя провів у США, внесок Анатолія Скорохода залишається невід'ємною частиною спадщини Київської математичної школи [7].

Михайло Йосипович Ядренко, учень Йосипа Гіхмана, народився 16 квітня 1932 року в селі Дружелюбівка Київської області. Після закінчення Київського університету він очолив кафедру теорії ймовірностей у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, зробивши вагомий внесок у розвиток теорії випадкових полів – наприклад, що досліджує просторово-часові стохастичні структури. Його наукові результати знайшли застосування в геофізиці, метеорології та обробці сигналів, а монографія «Спектральна теорія випадкових полів» (1980) стала важливим внеском у цю галузь [8]. У 2004 році Ядренко отримав Державну премію України за наукові досягнення, а розроблені ним методи і досі активно використовуються у статистичному аналізі просторових даних [9].

Значний внесок у розвиток Київської школи зробив також Борис Володимирович Гніденко, який у 1948 році очолив відділ теорії ймовірностей Інституту математики АН УРСР і кафедру в Київському університеті. Під його керівництвом працювали провідні вчені, зокрема В. С. Корольок і В. С. Михалевич, які розвинули нові методи в теорії випадкових процесів.

Варто також відзначити внесок Василя Петровича Єрмакова – автора першого в Україні підручника з теорії ймовірностей (1878), а також Дмитра Олександровича Граве, який стояв біля витоків актуарної математики в Україні.

Сьогодні Київська школа теорії ймовірностей продовжує розвиватися в межах Інституту математики НАН України та провідних університетів країни, зокрема Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного технічного університету України «КПІ». Учні Йосипа Гіхмана, Анатолія Скорохода та Михайла Ядренка активно працюють у галузі стохастичного аналізу, зберігаючи наукові традиції школи. Їхні ідеї знаходять застосування в машинному навчанні, обробці великих даних, фінансовій математиці та інших високотехнологічних галузях, що свідчить про актуальність спадщини школи в сучасному науковому середовищі. Наприклад, методи Скорохода застосовуються в алгоритмах штучного інтелекту, а теорія Ядренка у моделюванні кліматичних змін [10].

Завдяки внеску Віктора Буняковського та Михайла Остроградського, які заклали теоретичні основи дисципліни, Михайла Ващенка-Захарченка, який започаткував її викладання в Києві, а також Йосипа Гіхмана, Анатолія Скорохода, Михайла Ядренка та Бориса Гніденка, які вивели школу на світовий рівень, Україна посіла гідне місце у світовій математичній науці.

Подальший розвиток школи залежить від підтримки молодих науковців і глибшої інтеграції з новітніми технологіями.

Отже, Київська школа теорії ймовірностей стала важливим осередком української науки: її методи й досі затребувані, а майбутнє – у руках нового покоління дослідників.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Самойленко, А. М., Мельник, В. С., & Мельник, О. М. (2004). До 200-річчя від дня народження академіка В. Я. Буняковського. *Вісник НАН України*, (12).
- [2] Остроградський, М. В. (1958). *Вибрані праці з математики та механіки*. Київ: Вид-во АН УРСР.
- [3] Ващенко-Захарченко, М. Є. (1863). *Лекції з теорії ймовірностей*. Київ: Університет Св. Володимира.
- [4] КПІ ім. Ігоря Сікорського. (n.d.). *Математики КПІ і Київська школа теорії ймовірностей*. <https://kpi.ua/1434-2>
- [5] Гіхман, Й. І., & Скороход, А. В. (1965). *Вступ до теорії випадкових процесів*. Київ: Наукова думка.
- [6] Скороход, А. В. (1983). *Стохастичні рівняння для складних систем*. Київ: Наукова думка.
- [7] Булдигін, В. В., & Харазішвілі, А. Б. (2012). Анатолій Володимирович Скороход: життя і наука. Київ: Інститут математики НАН України.
- [8] Ядренко, М. Й. (1980). *Спектральна теорія випадкових полів*. Київ: Вища школа.
- [9] Інститут математики НАН України. (n.d.). *Історія розвитку математичних наук в Україні*. <https://www.imath.kiev.ua/institute/?lang=ua>
- [10] Kozachenko, Y., & Pogorilyak, O. (2015). *Applications of random fields in modern science*. *Theory of Probability and Mathematical Statistics*, (90).

Муратов Р.І., Цюпа А.М., Лук'яненко Е.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: org1org2org3@gmail.com*

ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ БАЙБАКОВ – ВИДАТНИЙ УКРАЇНСЬКИЙ КОНСТРУКТОР ТА КОРАБЕЛ

***Анотація.** Доповідь присвячена пам'яті видатного українського інженера-суднобудівника, головного конструктора та керівника ЦКБ суднобудівного заводу, лауреата двох Державних премій, нагородженого*

трьома орденами і багатьма медалями – випускника КПІ Олександра Борисовича Байбакова.

Abstract. *The report is dedicated to the memory of the outstanding Ukrainian shipbuilder, chief designer, and head of the Central Design Bureau at the "Leninska Kuznia" shipbuilding plant, laureate of two State Prizes, awarded with three orders and many medals – KPI graduate Oleksandr Borysovich Baibakov.*

Ключові слова: *Україна, Дніпро, конструктор Байбаков,, Центральне конструкторське бюро, морські рибопромислові судна.*

Keywords: *Ukraine, Dnipro River, designer Baibakov,, Central Design Bureau, marine fishing vessels.*

Олександр Борисович Байбаков (1907 – 1976) – український інженер – суднобудівник, головний конструктор та керівник ЦКБ суднобудівного заводу, Лауреат двох Державних премій, нагороджений трьома орденами, почесний член Науково-технічного товариства України.

Олександр Борисович народився 12 вересня 1907 року в місті Сквирі Київської області в родині юриста. Після закінчення електропромислової школи у 1924 році працював на різних підприємствах, зокрема з 1925 року – на Київському заводі «Більшовик». У 1928 році він перейшов на завод «Ленінська кузня» (нині – «Кузня на Рибальському»), де обійняв посаду конструктора. Це відбулося після створення на заводі, згідно з розпорядженням уряду, судномеханічного конструкторського бюро для розробки проєктів суден і механізмів, а також будівництва корабельні, яка почала працювати вже навесні 1929 року [1]. Усе подальше життя Олександра Борисовича було пов'язане саме з цим заводом та його конструкторським бюро.

У 1931 році О.Б. Байбаков закінчив Київський індустріальний інститут (нині КПІ ім. Ігоря Сікорського), отримавши кваліфікацію «інженер – механік», та у 1935 році обійняв посаду начальника конструкторського бюро, а з 1938 року – головного конструктора заводу [2].



Протягом 1928 – 1941 років спочатку за безпосередньою участю Олександра Борисовича, а потім під його керівництвом у конструкторському бюро були спроектовані та побудовані на заводі баржі, колісні буксири, вантажно-пасажирські колісні пароплави, вантажні теплоходи, плавмайстерні, а також військові кораблі – мінні загороджувачі і

монітори. Усього за ці роки було розроблено 37 проєктів, за якими побудовано 435 суден. Серед них одно– і двох-палубні пасажирські колісні пароплави проєктів СБ-7а, СБ-7б та пізніше СБ-50, колісні буксири проєктів СБ-16 та пізніше СБ-68, а також судна для роботи на мілководних річкових плесах із обмеженими габаритами суднового ходу – буксирні пароплави проєкту СБ-20 та пасажирські пароплави проєктів СБ-14, СБ-21 [3]. Слід також відмітити судна військового призначення – монітори проєкту СБ-37, які брали участь у Другій світовій війні у складі Дніпровської, Азовської, Дунайської військових флотилій. Один із них – монітор «Железняков», збудований у 1937 році, який брав участь у бойових діях 1941–1945 років. Його екіпаж тричі нагороджувався урядовими відзнаками. У 1967 році монітор було встановлено як пам'ятник у заводському парку на Рибальському острові.

З початком Другої світової війни завод «Ленінська кузня» було евакуйовано до міста Зеленодольськ (Татарська АРСР) та розміщено на місцевому суднобудівному заводі. Головою евакуаційної комісії було призначено О.Б. Байбакова. Завдяки його організації до середини липня 1941 року завод фактично було повністю евакуйовано: вивезено 5185 осіб (з них 1682 – працівники заводу), 6025 тонн обладнання, водним шляхом переправлено 10 кораблів. У серпні того ж року Олександра Борисовича призначають головним конструктором Зеленодольського заводу, а вже у вересні 1943 року – головним інженером цього підприємства [4].

У квітні 1945 року Олександр Борисович повернувся на завод «Ленінська кузня», де обійняв посаду начальника та головного конструктора спеціального конструкторського бюро [4]. На той час, після завершення війни, Дніпровський річковий флот був майже повністю знищений, що створило нагальну потребу у швидкому введенні в експлуатацію великої кількості вантажних і пасажирських суден для відбудови народного господарства України.

Роботи з проєктування необхідних суден очолив О.Б. Байбаков. Упродовж 1945–1953 років було розроблено 32 проєкти буксирів, барж, паромів, понтонів, плавучих майстерень та електростанцій, за якими на різних заводах країни збудували понад 1000 суден. Серед них – буксирні пароплави проєктів 732 (фото 1) потужністю 400 к.с. (для Дніпра) та 733 потужністю 200 к.с. (для експлуатації на мілководних річках), а також вантажно-пасажирський двопалубний пароплав проєкту 737 (фото 2) потужністю 450 к.с., призначений для перевезення пасажирів за маршрутом Київ – Херсон.

Особливо варто відзначити проєкт 732: головне судно цього типу було спроєктовано та збудовано у рекордно короткий термін й уже в 1947 році введено в експлуатацію. Воно отримало високу оцінку приймальної комісії, а

згодом – позитивні відгуки експлуатуючих організацій. Це був перший у країні стандартний річковий колісний пароплав, придатний для великосерійного виробництва.

За розробку цього проєкту та впровадження серійного будівництва пароплавів у 1948 році групі корабелів заводу «Ленінська кузня» було присвоєно почесне звання лауреатів Державної премії. Серед нагороджених був і керівник проєкту – О.Б. Байбаков.



Фото 1



Фото 2

Завод і спеціальне конструкторське бюро (СКБ) «Ленінської кузні» також відзначилися розробкою технічної документації та серійним будівництвом озерно-річкових суховантажних теплоходів із закритими трюмами проєкту 765 (фото 3) вантажопідйомністю 600 тонн, починаючи з 1955 року. Ці судна мали поступово замінити буксирні пароплави з баржами, оскільки каравани барж створювали значні труднощі при проходженні шлюзів новозбудованих гідроелектростанцій на Дніпрі.

У 1957 році, з ініціативи О.Б. Байбакова, спеціальне конструкторське бюро заводу було реорганізовано в центральне конструкторське бюро (ЦКБ). Уже в 1958 році ЦКБ розробило проєктну та технічну документацію на озерно-річковий пасажирський двопалубний теплохід проєкту 860 (фото 4), а у 1961 році – проєкт 1867 трипалубного пасажирського теплохода змішаного плавання для туристичної лінії Київ-Дунай. Проте ці судна так і не були побудовані в Україні.



Фото 3



Фото 4

У 1953 році спеціальному конструкторському бюро (СКБ) було доручено проєктування середніх морських риболовних траулерів – абсолютно нового напрямку для київських конструкторів. Потрібно було в терміновому порядку вивчити техніку рибальства, технологію обробки риби, новітні холодильні установки та вирішити багато інших складних інженерних завдань.

І знову, як і в 1945 році, Олександр Борисович блискуче впорався з поставленим викликом: уже в листопаді 1954 року перший траулер проєкту 391 було збудовано та передано замовнику. Відтоді проєктування морських рибопромислових суден стало основною спеціалізацією СКБ на багато років (фото 5). Проєкти постійно вдосконалювались і змінювались залежно від призначення суден, виду риби, що виловлювалася, району промислу тощо.

Фактично О.Б. Байбаков створив спеціалізований підрозділ, який займався вивченням змінюваних умов рибного промислу в різних морях, а також аналізом ефективності роботи суден і результатів їхньої промислової експлуатації. Це дозволяло своєчасно вносити зміни до чинних проєктів або формувати технічні завдання на розробку нових типів суден.

Не дивно, що результатом такої роботи стало присудження Олександрові Борисовичу Байбакову, у складі групи корабелів заводу, Державної премії України в галузі науки і техніки у 1976 році. Підставою для нагороди стало створення першого вітчизняного автономного середнього риболовного морозильного траулера з кормовим траленнями – новаторським технічним рішенням, яке значно підвищило ефективність судна. Проєкт цього судна

(СРТМ-502) було завершено у 1966 році, а вже у 1967-му його збудовано.



Фото 5



Фото 6

Слід також зазначити, що під керівництвом Олександра Борисовича та за його безпосередньої участі в Центральному конструкторському бюро (ЦКБ) проєктувалися також озерно-річкові земснаряди, науково-дослідні судна та інші судна спеціального призначення. Звісно, ми не можемо докладно розповісти про всі ці проєкти, адже їх було понад 100. Проте можна з упевненістю сказати, що кожен із них був реалізований на високому технічному рівні та в надзвичайно стислі строки. Олександр Борисович доводив будь-яку справу до успішного завершення.

Йому неабияк допомагали талант у формуванні професійної команди та вміння виховувати помічників, навчаючи їх власним прикладом відповідального ставлення до роботи. Саме завдяки цьому фактично була створена українська школа проєктування суден, представники якої згодом досягли значного визнання: 17 його учнів стали лауреатами різноманітних державних премій [4].

Попри значну професійну зайнятість, Олександр Борисович знаходив час для занять літературою, історією, мистецтвом, а також любляв гру в шахи, в якій умів прораховувати комбінації на кілька ходів уперед [5].

Не можна не згадати й про його родину: дружину Віру Сергіївну, доньку Надію, сина Сергія та тещу Надію Митрофанівну (фото 6). Як згадує донька, батько завжди дбав про дітей, цікавився їхніми справами, а під час їхнього навчання у школі допомагав з математикою, хімією, кресленням та іншими предметами, коли це було потрібно. Він умів доступно пояснити навіть складні теми і відповісти на будь-яке запитання зі шкільної програми.

Зі спогадів колег, Олександр Борисович був інтелігентною, доброзичливою людиною, відкритою у спілкуванні, уважним наставником і справжнім учителем для багатьох своїх співробітників. Тож цілком закономірно, що більшість з них, кого можна вважати також його учнями, з глибокою вдячністю та теплотою згадують Олександра Борисовича після його смерті, яка сталася 14 липня 1976 року, щиро сумуючи з приводу його відходу з життя.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Байбаков, А. Б., & Кац, Р. С. (1962). *Завод «Ленинская Кузница»*. Київ: Гостехіздат УРСР. – 174 с.
- [2] Якшин, М. О. (2008). Байбаков Олександр Борисович. *Енциклопедія сучасної України* [Електронний ресурс]. Київ: НАН України. Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-22830>
- [3] Цюпа, А. М., & Матвійчук, О. В. (2024). Зародження, розвиток та досягнення річкового суднобудування в Україні (1823–1963 роки). *Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій*, (1)39, 260–272.
- [4] Чвертко, Ю. В. (2013). Творческий и жизненный путь Александра Борисовича Байбакова. У *Видатні конструктори України. За матеріалами наукових читань з циклу «Видатні конструктори України», проведених у 2008–2011 роках* (Т. 5, с. 12–20). Київ: НТУУ «КПІ».
- [5] Подчашинська, Н. А. (2013). Воспоминания об отце. У *Видатні конструктори України. За матеріалами наукових читань з циклу «Видатні конструктори України», проведених у 2008–2011 роках* (Т. 5, с. 59–60). Київ: НТУУ «КПІ».

Потяк М.В., Пальцун С.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: potiak.maksym@lil.kpi.ua*

ВНЕСОК В'ЯЧЕСЛАВА ВАСИЛЬОВИЧА ЛАВРИНЕНКА У РОЗВИТОК П'ЄЗОДВИГУНІВ

Анотація. У статті розглянуто внесок В'ячеслава Васильовича Лавриненка у розвиток технології п'єзодвигунів. Проаналізовано його наукові дослідження та їх вплив на сучасні технічні рішення в галузі мікросистемної техніки та автоматизації.

Abstract. The article examines the contribution of Vyacheslav Vasylovych Lavrynenko to the development of piezoelectric motor technology. His scientific research and its impact on modern technical solutions in microsystem technology and automation are analyzed.

Ключові слова: В'ячеслав Васильович Лавриненко, п'єзодвигун, мікросистемна техніка, автоматизація, наукові дослідження.

Keywords: Vyacheslav Vasylovych Lavrynenko, piezoelectric motor, microsystem technology, automation, scientific research.

Сучасну техніку неможливо уявити без електродвигунів, які виконують механічну роботу за рахунок електричної енергії. Однак, у мікроелектромеханічних системах (MEMS) застосування таких двигунів стикається з певними обмеженнями.

По-перше, традиційні електродвигуни мають складну конструкцію, що ускладнює їх мініатюризацію, необхідних для MEMS.

По-друге, класичні двигуни можуть споживати більше енергії, ніж це припустимо для малих пристроїв, що обмежує їх застосування в портативних та енергоефективних системах.

По-третє, традиційні двигуни створюють вібрації та шум, що є небажаними в прецизійних приладах.

Всі ці обмеження не стосуються п'єзоелектричних двигунів, які забезпечують необхідну мініатюризацію та енергоефективність для застосування в MEMS [1, 2].

Появі п'єзоелектричних двигунів ми завдячуємо видатному українському вченому В'ячеславу Васильовичу Лавриненку, життя та діяльність якого тісно пов'язані з КПІ ім. Ігоря Сікорського. У 1964 році В'ячеслав Лавриненко, тоді молодший фахівець кафедри діелектриків та напівпровідників КПІ, досліджуючи силовий п'єзотрансформатор помітив, що той обертається в тримачі. Це стало поштовхом для розробки першого у світі п'єзоелектричного двигуна обертання, а потім і лінійного п'єзодвигуна [3].

Двигун Лавриненка використовує п'єзоелектричний ефект. Під впливом змінного електричного поля матеріали змінюють свої розміри. Виникають механічні коливання, які перетворюються на обертальний або лінійний рух. В такій конструкції немає обертових частин, що робить двигун компактным, безшумним та енергоефективним. [4]

За винахід п'єзодвигуна Лавриненко отримав понад 200 патентів, більше 50 з яких – у США, Японії, Німеччині та Великій Британії. У КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом В'ячеслава Васильовича було створено галузеву лабораторію п'єзодвигунів. Її розробки широко використовувалися у серійному виробництві відеомагнітофонів, діапроекторів, кінокамер, тощо. Таким чином, В'ячеслав Лавриненко вирішив проблему обмежень традиційних електродвигунів і став основоположником розвитку п'єзоелектроніки як важливого напрямку в електронній техніці [3].

Розробка українським вченим п'єзодвигуна, спонукало іноземних науковців та інженерів до активної розробки цієї нової технології та її активного застосування в галузях де це було вкрай необхідно, а саме:

1. Побутова електроніка: магнітофони, діапроектори, кінокамери та інша апаратура, де необхідні точні та надійні приводи [3].

2. Медицина: завдяки своїм характеристикам, п'єзодвигуни застосовуються в біопротезах як актуатори, забезпечуючи природні рухи та високу точність [5, 6].

3. Оптичні системи: у високоточних оптичних приладах, наприклад, інтерферометрах, п'єзодвигуни використовуються для точного зміщення оптичних компонентів, що покращує якість зображення та вимірювань [6].

4. Робототехніка: п'єзодвигуни застосовуються в робототехнічних системах, де потрібна висока точність руху та компактність приводу [6].

І все це почалося з перших у світі п'єзодвигунів, виготовлених в лабораторії п'єзоелектричних двигунів КПІ під керівництвом В'ячеслава Лавриненка. Ця подія має таке значення для розвитку мікросистемної техніки, що на її честь у 2020 році було випущено поштову марку [7].

Отже, можна стверджувати, що В'ячеслав Лавриненко не просто вирішив технічну задачу, а відкрив нову еру в галузі мікросистемної техніки. Його п'єзоелектричні двигуни стали революційними не тільки завдяки своїй компактності та енергоефективності, але й тому, що вони відкрили нові горизонти для застосувань, де раніше здавалося неможливим забезпечити точність і надійність. Створення безшумних і надзвичайно ефективних приводів змінило підхід до розробки пристроїв, від побутової техніки до медичних інструментів. Лавриненко не просто створив нові двигуни – він змінив саму парадигму того, як ми використовуємо технології для вирішення складних задач у високоточних і енергоефективних системах. Його роботи стали основою для глобальних наукових досягнень, і без сумніву, він залишиться ключовою фігурою в історії як української так і світової інженерії.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Лобур, М., & Мельник, М. (2016). *Основи мікросистемних пристроїв: навчальний посібник*. Львів. <https://cad.lpnu.ua/picture/project/b3.pdf>
- [2] Невлюдов, І. Ш., & Палагін, В. А. (2017). *Мікросистемна техніка та нанотехнології*: монографія. Харків: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/334c2205-ad22-4345-a948-ebe9cd9841cc/content>
- [3] Борисов, О. В. (2018, 6 грудня). П'єзодвигун – видатний винахід світу. Київський політехнік, с. 3.
- [4] Озоженко, Т. І. (2006, 31 травня). П'єзодвигун – історія одного експоната. Київський політехнік, с. 3.
- [5] Golovko, B., Pozhar, Y., & Tomuz, S. (n.d.). Comfort empowerment robotic bionic prosthesis. *Versi Bionics*. <https://www.versibionics.com>
- [6] Богорош, О. Т., Воронов, С. О., & Котовський, В. Й. (2015). *Нові речовини. Частина 2: П'єзоелектричні та сегнетоелектричні матеріали*: навчальний посібник. Київ. <https://ela.kpi.ua/items/ba252692-5c32-4a8e-bc68-ce0ef81485fd>

[7] Ферчук, А. (n.d.). Філателія про винаходи і винахідників. Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій. <https://ukrpatent.org/atachs/ip-stamps.pdf>

Солдатова Г. В.

*ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва», Київ, б. Шевченка 60,
email: annasold70@gmail.com*

В'ЯЧЕСЛАВ РАФАЇЛОВИЧ ЗАЛЕНСЬКИЙ: ДО 150-РІЧЧА ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ

Анотація. Доповідь присвячена 150-річчю від дня народження видатного ботаніка В'ячеслава Рафаїловича Заленського (1875-1923). Висвітлюються основні напрями наукової діяльності цього талановитого вченого, представника наукової школи фітофізіологів, створеної в стінах Київського політехнічного інституту.

Abstract. The report is dedicated to the 150th anniversary of the birth of the outstanding botanist Vyacheslav R. Zalensky (1875-1923). The article highlights the main areas of scientific activity of this talented scientist, a representative of the scientific school of phytophysiologists, created within the walls of the Kyiv Polytechnic Institute.

Ключові слова: В.Р. Заленський, наукова школа фізіологів рослин, екологічна та польова фізіологія рослин, історія науки і техніки

Keywords: Vyacheslav R. Zalensky, scientific school of plant physiologists, ecological and field physiology of plants, history of science and technology

У лютому 2025 року виповнилося 150 років від дня народження видатного ботаніка В'ячеслава Рафаїловича Заленського (1875–1923). Ця ювілейна дата є нагодою згадати талановитого вченого, представника наукової школи фітофізіологів, заснованої академіком Євгеном Пилиповичем Вотчалом (1864–1937) у стінах Київського політехнічного інституту.

У сучасній історіографії наукова школа українських фізіологів рослин Є. П. Вотчала та її відомі представники згадуються досить часто. Аналіз джерел дає підстави стверджувати, що найбільш комплексними та змістовними є дослідження фахівців відділу історії та соціології науки і техніки Інституту досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г. М. Доброва НАН України під керівництвом Ю. О. Храмова, зокрема

праці Г. Г. Костюк, С. П. Рудої та інших дослідників [1–3]. Саме тому сучасне переосмислення наукової спадщини учнів видатного ботаніка Є. П. Вотчала є надзвичайно актуальним — з часу публікації згаданих праць минуло понад 30 років, а сьогодні дослідники мають доступ до нових документальних джерел, які були недоступними в радянську добу.

Наукова школа Євгена Пилиповича Вотчала почала формуватися в перші роки XX століття у щойно створеній ботанічній лабораторії Київського політехнічного інституту, яка вже тоді перетворилася на важливу дослідницьку установу. Етап становлення цієї фітофізіологічної спільноти тісно пов'язаний з одним із її видатних представників — В'ячеславом Рафаїловичем Заленським.

Закінчивши у 1897 році Казанський університет, В'ячеслав Рафаїлович Заленський з 1899 року розпочав роботу під керівництвом Є. П. Вотчала як асистент у ботанічній лабораторії Київського політехнічного інституту. Саме київський період його життя, що тривав до 1914 року, визначив подальший науковий шлях ученого. У цей час, коли основна увага ботаніків була зосереджена переважно на умовах мінерального живлення, у фізіології рослин почав формуватись новий — екологічний — напрям. Він спирався на глибоке вивчення впливу зовнішніх чинників на фізіологічні процеси у рослині. Під керівництвом Є. П. Вотчала В'ячеслав Заленський виконував піонерські дослідження в галузі екологічної фізіології рослин. Зокрема, у 1904 році він проаналізував зв'язок між анатомічною будовою листка, його функціями та розташуванням на стеблі.

Паралельно з науковою діяльністю В'ячеслав Рафаїлович викладав на кафедрі курси з ботаніки та фізіології рослин. Того ж 1904 року він захистив магістерську дисертацію, у якій вперше застосував кількісний підхід до аналізу анатомії листків, локалізованих на різних ярусах однієї рослини. У результаті численних дослідів було виявлено закономірність, яка суперечила загальноприйнятим на той час уявленням західноєвропейських учених: листки верхнього ярусу мають більш ксероморфну будову [4]. Згодом, у 1926 році, ця закономірність отримала назву «закон Заленського». Окрім анатомічних особливостей, Заленський досліджував також фізіологічні й біохімічні відмінності листків на різних ярусах. У 1911 та 1918 роках він уперше зафіксував зростання осмотичного тиску в клітинах листків верхніх ярусів порівняно з нижніми. Важливо зазначити, що у науковій школі Є. П. Вотчала суттєве значення надавалося започаткованому Заленським кількісно-анатомічному методу, який знайшов широке застосування не лише у селекції, а й в екологічній фізіології рослин загалом [5].

Після початку Першої світової війни та евакуації київських навчальних закладів у 1915 році В. Р. Заленський переїхав до Саратова, де очолив створений ним відділ прикладної ботаніки Саратовської сільськогосподарської дослідної станції. Згодом він став директором станції та організував лабораторію фізіології рослин, продовжуючи дослідження анатомо-фізіологічних особливостей ксерофітів (1916–1922). Починаючи з 1916 року, Заленський викладав у Саратовських вищих сільськогосподарських курсах (нині — Саратовський державний аграрний університет імені М. І. Вавилова). У 1918 році курси було реорганізовано в сільськогосподарський інститут, а згодом — в агрономічний факультет класичного університету, де В'ячеслав Рафаїлович у 1918–1922 роках очолював кафедру фізіології рослин. Навесні 1922 року агрономічний факультет було перетворено на самостійний сільськогосподарський інститут, першим ректором якого став професор В. Р. Заленський [12]. В'ячеслав Рафаїлович Заленський помер у Саратові 4 липня 1923 року.

Отже, на підставі проведеного дослідження можна стверджувати, що наукові роботи, виконані під керівництвом професора Є. П. Вотчала на початку ХХ століття в ботанічній лабораторії Київського політехнічного інституту, стали початковим етапом у формуванні екологічного напрямку у фізіології рослин. Вони започаткували серію подальших експериментальних досліджень у межах наукової школи українських фітофізіологів. В'ячеслав Рафаїлович Заленський був одним із перших представників цієї школи та належав до піонерів екологічної фізіології рослин. Його науковий доробок зробив вагомий внесок у становлення та розвиток вітчизняної фізіології рослин, заклавши основи для подальших досліджень у цій галузі.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Храмов, Ю. О. (2001). Наукові школи: статус, умови виникнення та функціонування. *Наука та наукознавство*, (4), 10–12.
- [2] Костюк, Г. Г. (1990). К истории становления украинской фитофизиологической школы Е. Ф. Вотчала. *Очерки истории естествознания и техники*, (38), 61–65.
- [3] Рудая, С. П. (1984). Киевский политехнический институт. У *Развитие биологии на Украине* (Т. 1, с. 136–140). Киев: Наукова думка.
- [4] Вотчал-Словачевська, В. Є., & Костюк, Г. Г. (1991). *Євген Пилипович Вотчал: іл. Бібліогр.* Київ: Наукова думка.
- [5] Заленский, В. Р. (1904). Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. *Известия Киевского политехнического института*, IV(1), 1–209.

РОЗДІЛ II

СТОРІНКИ ІСТОРІЇ ПРИРОДНИЧИХ ТА ТЕХНІЧНИХ НАУК В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Бедров К. А., Строкач М. С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email:bedrov.kyryl@lil.kpi.ua*

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД АСТРОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація. У статті розглянуто історію виникнення та принципи застосування спектрального аналізу для визначення характеристик космічних тіл. Описано будову спектроскопа та методи його використання, а також основні дослідження й відкриття, що сприяли розвитку цього методу. Подано ключові поняття та визначення, необхідні для розуміння основних аспектів спектрального аналізу.

Abstract. The article examines the history of the development and the principles of applying spectral analysis to determine the characteristics of celestial bodies. It describes the structure of the spectroscope and methods of its use, as well as key studies and discoveries that contributed to the advancement of this method. The article also presents essential concepts and definitions necessary for understanding the fundamental aspects of spectral analysis.

Ключові слова: Спектроскопія, спектральний аналіз, спектр випромінювання, спектр поглинання, дослідження властивостей зірок, Кірхгоф, Балмер, Фраунгофер, астрофізика.

Keywords: Spectroscopy, spectral analysis, emission spectrum, absorption spectrum, study of stellar properties, Kirchhoff, Balmer, Fraunhofer, astrophysics.

Спектральний аналіз як наука про світло та його складові зародився у XVII столітті, коли Ісаак Ньютон пропустив промінь сонячного світла, що проходив крізь щілину у вікні, через призму. Призма розклала світло на неперервний кольоровий градієнт, який Ньютон назвав «спектром». Це відкриття

стало поштовхом до розвитку принципово нового методу дослідження речовин як на Землі, так і в глибинах космосу – спектрального аналізу [4].

У 1818 році німецький фізик і оптик Йозеф фон Фраунгофер винайшов спектроскоп – прилад, що дозволяє розкласти світло на хвилі певної довжини з метою аналізу фізичних властивостей джерела випромінювання. Цей винахід став проривом для хімії, астрономії та фізики.

Ще в ранніх дослідженнях хіміки помітили, що різні солі забарвлюють полум'я у різні кольори. Проте саме Фраунгофер, озброєний своїм приладом, вперше науково пояснив це явище та заклав підґрунтя для його подальшого використання в наукових дослідженнях [1].

У 1859 році в Німеччині з'явився вдосконалений варіант спектроскопа, створений Робертом Вільгельмом Бунзеном і Густавом Робертом Кірхгофом. Ця модель дала змогу ідентифікувати хімічні елементи за спектром їхнього випромінювання. Пристрій складався з трьох основних частин: коліматора, який формував паралельний пучок світла, що надходив від зразка, нагрітого у полум'ї пальника Бунзена; призми, яка під час обертання дозволяла добирати хвилі різної довжини; телескопа, призначеного для спостереження за кольором випромінювання [2].

Більшість інформації, яку отримали вчені про Всесвіт, походить саме зі спостереження за світлом. А світло, яке ми фіксуємо від зірок, туманностей та інших космічних об'єктів, навіть найбільш віддалених, досліджується за допомогою спектроскопії. Спектральний аналіз дає змогу визначати хімічний склад небесних тіл, які перебувають поза досяжністю для зондів або традиційних телескопів.

Основою такого аналізу є лінії Фраунгофера – темні лінії в спектрах зір, що виникають внаслідок вибіркового поглинання випромінювання певної довжини хвиль. Це поглинання зумовлене присутністю хімічних елементів у газоподібному стані в атмосфері зорі.

Йозеф фон Фраунгофер першим створив каталог, до якого увійшло понад 500 спектральних ліній, а також розробив систему їх класифікації. Найчіткіші з цих ліній отримали позначення літерами від А до G. Згодом цю систему було суттєво вдосконалено, а сам каталог значно розширено, однак принцип, закладений Фраунгофером, і досі використовується для виявлення хімічних сполук на поверхні зір [7, 8].

Як дізнатися, який саме елемент спостерігається через спектроскоп? Це можливо завдяки порівнянню спектрів: тих, що отримані з космічних джерел, і

тих, які відтворено в лабораторних умовах. Через спектральні трубки, заповнені газом одного елемента, пропускають електричну напругу. Під її впливом газ іонізується та переходить у стан плазми, яка випромінює світло. Це світло пропускається через спектроскоп, і в результаті утворюється унікальний «відбиток» – характерний спектр елемента. Порівнюючи його з експериментальними спектрами, можна точно визначити наявність певного елемента на небесному тілі. Особливо важливим є такий аналіз щодо елементів, які потенційно можуть підтримувати життя [3].

Спектральний аналіз дає змогу з високою точністю визначати фізичні параметри зірок. Згідно із законом зміщення Віна, температура зорі обернено пропорційна довжині хвилі, на якій спостерігається максимум її випромінювання. Це дозволяє класифікувати велику кількість зірок, світло від яких досягає Землі, за спектральними класами. Відповідна температурна шкала варіюється від приблизно 2400 К до понад 30 000 К.

Досліджуючи спектри поглинання зірок, можна виявити характерні закономірності: лінії поглинання суттєво відрізняються залежно від температурного класу. Наприклад, холодні зірки класу М мають у спектрі лінії оксиду титану – сполуки, яка не може існувати на гарячіших зірках.

Окрім температури, спектральні лінії дають змогу визначати й інші параметри зірок: чіткість ліній свідчить про густину атмосфери зорі; зсув ліній вказує на напрям і швидкість її руху (ефект Доплера); товщина ліній дає уявлення про швидкість обертання зорі [6].

Сучасні орбітальні телескопи спеціалізуються на вивченні певних діапазонів електромагнітного спектра. Саме тому на навколоземній орбіті працює кілька супутників, кожен із яких досліджує певну частину спектра: у видимому діапазоні – «Габбл», в інфрачервоному — «Джеймс Вебб», у гамма-діапазоні – «Фермі», а також інші телескопи, орієнтовані на рентгенівське, ультрафіолетове та мікрохвильове випромінювання [3][4].

Спектроскопія також відіграє ключову роль у дослідженні далеких галактик, світло від яких було випущене понад 13,4 мільярда років тому. У 2022 році астрономи Каліфорнійського університету в Санта-Круз виявили галактики, що сформувалися, коли вік Всесвіту становив лише близько 3% від сучасного. У пошуку таких давніх об'єктів незамінним інструментом став космічний телескоп Джеймс Вебб.

Принцип ідентифікації далеких галактик подібний до того, який застосовується для визначення напрямку руху зірок: чим більша відстань до

об'єкта, тим більше спектральні лінії зміщуються в червону область, так званий червоний зсув. Це явище є наслідком розширення Всесвіту: простір між об'єктами збільшується, а довжини хвиль світла розтягуються, створюючи враження, що галактики віддаляються від нас. Завдяки спектроскопії астрономи можуть точно вимірювати величину червоного зсуву та, відповідно, відстань до спостережуваних об'єктів [5].

З моменту винайдення спектрального аналізу як методу дослідження Всесвіту людство пройшло значний шлях, постійно вдосконалюючи методику та доповнюючи її новітніми технологіями. Щороку зростає точність каталогізації космічних об'єктів, а телескопи зазирають дедалі глибше у простори Всесвіту. Саме тому, підтримуючи науковий прогрес і темпи розвитку астрономії, важливо не забувати про історичні витоки сучасних відкриттів.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] *Spectroscopy (1855–1864) | Chemistry | University of Waterloo*. (б. д.). University of Waterloo. <https://uwaterloo.ca/chemistry/community-outreach/timeline-of-elements/spectroscopy-1855-1864>
- [2] *Spectroscopy | Chem 13 News Magazine*. (б. д.). Chem 13 News Magazine. <https://uwaterloo.ca/chem13-news-magazine/october-2019/feature/spectroscopy>
- [3] Kazmierczak, J. (2023, 15 серпня). *NASA Scientific Visualization Studio | Spectroscopy, Explained*. NASA Scientific Visualization Studio. <https://svs.gsfc.nasa.gov/12956>
- [4] NASA. (б. д.). *Hubble Spectroscopy – NASA Science*. <https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/science-behind-the-discoveries/hubble-spectroscopy/>
- [5] University of California – Santa Cruz. (2022, 9 грудня). *Astronomers report most distant known galaxies, detected and confirmed*. ScienceDaily. <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/12/221209135542.htm>
- [6] PhysicsHigh. (2019, 16 квітня). *Stellar Spectroscopy – what can we learn about stars* [Відео]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=oM5lEG2woA0>
- [7] The Editors of Encyclopaedia Britannica. (1998, 20 липня). *Fraunhofer lines | Spectral Analysis, Absorption & Emission*. Encyclopaedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/Fraunhofer-lines>
- [8] Schellen, T. J. H. (1872). *Spectrum analysis in its application to terrestrial substances and the physical constitution of the heavenly bodies* (с. 160–165). Longmans, Green. <https://books.google.com.ua/books>

Бороздих Н.В.

*ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім.
Г.М. Доброва», Київ, б. Шевченка 60,
email:natalia.borozdyh@ukr.net*

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Анотація. *Розглянуто деякі аспекти використання штучного інтелекту для інтеграції знань, а саме: поєднання методів та даних з різних дисциплін, автоматизація аналізу та пошуку зв'язків, спрощення створення комплексних моделей. Наводяться приклади, а також акцентується увага на можливих ризиках, що виникають у цьому процесі.*

Abstract. *This paper explores certain aspects of the use of artificial intelligence for knowledge integration, namely: the combination of methods and data from various disciplines, the automation of analysis and relationship discovery, and the facilitation of complex model development. Examples are provided, and particular attention is given to the potential risks that may arise in this process.*

Ключові слова: *ІІІ, міждисциплінарні дослідження, інтеграція знань, ризики*

Keywords: *AI, interdisciplinary research, knowledge integration, risks*

Інтеграція знань з різних наукових дисциплін є одним із основних напрямків використання ІІІ. Він дає можливість створювати комплексні моделі, які поєднують дані з різних джерел, покращуючи розуміння складних явищ. Наприклад, у 2020 році дослідники з Гарвардського університету та Массачусетського технологічного інституту застосували ІІІ для вивчення взаємозв'язку між генетичними мутаціями і екологічними факторами, зокрема забрудненням повітря. Вони інтегрували геномні дані з даними про навколишнє середовище для того, щоб визначити, як екологічні умови можуть сприяти розвитку ракових захворювань. Особлива увага в дослідженні була приділена мутаціям у генах BRCA1 і BRCA2, що підвищують ризик раку молочної залози та яєчників. Ці дослідження дозволили виявити нові зв'язки між екологічними факторами та генетичними ризиками, а також створити персоналізовані моделі для прогнозування ракових захворювань [1].

Іншим прикладом є використання ШІ для інтеграції математичних моделей з економічними даними. В Оксфордському університеті у 2021 році використовували ШІ для створення адаптивних економічних моделей, які враховують різні економічні фактори, такі як рівень безробіття, інфляція, зміни в соціальній політиці та глобальні економічні шоки, як-от пандемія COVID-19. Це дозволило точніше прогнозувати економічний розвиток в різних умовах і адаптувати стратегії на основі аналізу великих даних [2].

ШІ також дозволяє автоматизувати аналіз даних та виявлення зв'язків між ними, що є корисним у складних міждисциплінарних дослідженнях, де необхідно обробляти великі масиви даних. Так, у 2021 році ШІ використовували для аналізу великих обсягів експериментальних даних на Великому адронному колайдері (LHC, CERN). Автоматизація процесу дозволила швидко виявляти рідкісні події, такі як відкриття нових частинок або вивчення кварків, що значно прискорило пошук фізичних явищ. Цей підхід продовжує використовуватись у фізиці високих енергій для підтвердження теоретичних моделей та відкриття нових частинок [3].

Штучний інтелект, як інтелектуальна система, сприяє розвитку нових міждисциплінарних дисциплін. У 2020 році у Каліфорнійському університеті почали застосовувати ШІ для створення алгоритмів квантового машинного навчання, що поєднують принципи квантової фізики з методами комп'ютерних наук. Це дозволяє вирішувати складні фізичні задачі, які, зокрема, стосуються молекулярної динаміки або квантових ефектів у матеріалах. Такі алгоритми можуть знаходити ефективні рішення для задач, які є надзвичайно важкими для класичних комп'ютерів [4, 5].

Штучний інтелект все активніше застосовується як інструмент для інтеграції знань у наукових дослідженнях та сприяє ефективному поєднанню даних із різних дисциплін, аналізувати складні моделі та робити прогнози. Однак, використання ШІ для інтеграції знань у науці має кілька суттєвих ризиків, які можуть вплинути на точність, етику та результативність наукових досліджень. Одним із таких ризиків є упередженість алгоритмів, що може спотворювати результати інтеграції знань. ШІ навчається на даних, і якщо ці дані містять упередження або історичні диспропорції, це може призвести до некоректних висновків. У наукових дослідженнях це особливо небезпечно, оскільки результати можуть бути використані, наприклад, для формулювання політик або рекомендацій, що мають широке соціальне та економічне значення.

У медичних дослідженнях, зокрема в генетиці, застосування ІІІ для інтеграції знань може призвести до викривлених результатів, якщо дані не є репрезентативними. Так, генетичні дослідження, що базуються на даних лише з певних етнічних груп, можуть призвести до неправильних висновків для інших груп населення, що веде до неповних або навіть помилкових висновків [6].

Суттєвою проблемою є можливість втрати прозорості та складності в інтерпретації результатів. ІІІ, особливо глибокі нейронні мережі, може бути дуже складним і непрозорим для розуміння. Це утруднює перевірку та репродукцію результатів, що є основою наукового методу. У фізичних дослідженнях, де ІІІ інтегрує дані з різних лабораторій або датчиків, складність в інтерпретації алгоритмів може призвести до затримок у підтвердженні чи спростуванні теорій [7].

Ще одним важливим ризиком є можливість втрати контексту при об'єднанні даних із різних дисциплін. ІІІ може обробляти дані швидко і ефективно, але важливий контекст може бути втраченим, що змінює правильне розуміння результатів. Наприклад, у 2020 році дослідники з Європейського космічного агентства використовували ІІІ для інтеграції даних із супутників, метеорологічних станцій і океанічних буїв для прогнозування зміни клімату. Однак при комбінуванні таких різнорідних даних контекст міг бути неадекватно врахований, що призвело до неточних прогнозів [8].

Хоча ІІІ є потужним інструментом для інтеграції знань і дозволяє поєднувати різноманітні наукові підходи та відкривати нові можливості для досліджень, його застосування не позбавлене значних ризиків. Упередженість алгоритмів, втрата прозорості, конфіденційність даних та можливі помилки при інтеграції знань із різних дисциплін можуть суттєво вплинути на точність і етичність наукових досліджень. Тому необхідно запроваджувати етичні норми, забезпечувати прозорість і контроль за алгоритмами, а також захист персональних даних.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Tomasetti, C., & Vogelstein, B. (2015). *Variation in cancer risk among tissues can be explained by the number of stem cell divisions*. *Science*, 347(6217), 78–81. <https://doi.org/10.1126/science.1260825>
- [2] Goodwin, B. (2021). *Using AI in economic modeling: Forecasting economic impacts during global disruptions*. *Economic Modelling*, 96, 173–185. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.02.014>

- [3] CERN Collaboration. (2021). *Artificial Intelligence in High-Energy Physics: Status and Prospects*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1652(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1652/1/012022>
- [4] Farhi, E., & Neven, H. (2018). *Classification with Quantum Neural Networks on Near Term Processors*. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, 1–11. <https://doi.org/10.5555/3305956.3306147>
- [5] Biamonte, J., Wittek, P., Pancotti, N., Rebentrost, P., Wiebe, N., & Lloyd, S. (2017). *Quantum machine learning*. *Nature*, 549(7671), 195–202. <https://doi.org/10.1038/nature23474>
- [6] Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., & Kirchner, L. (2016). *Machine bias*. *ProPublica*. <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>
- [7] Caruana, R., Lou, Y., Gehrke, J., Koch, P., Sturm, M., & Elhadad, N. (2015). *Intelligible models for healthcare: Predicting pneumonia risk and hospital 30-day readmission*. *Proceedings of the 21st ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1721–1730. <https://doi.org/10.1145/2783258.2788613>
- [8] Harris, I., Morice, C., Rayner, N., & Tett, S. F. B. (2020). *The European Space Agency's Climate Change Initiative: ECVs, the role of satellites and their use in climate science*. *Environmental Science & Policy*, 112, 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.004>

Гвоздецька В.А., Савченко Д.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email:gvovika319@gmail.com*

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ: ВПЛИВ ВІДКРИТТЯ ЯВИЩА НА СВІТОВУ НАУКУ ТА РОЗВИТОК НАУКИ В УКРАЇНІ

Анотація. Розглянуто історію відкриття явища електромагнітної індукції, наведено приклади технологій та систем, що використовують електромагнітну індукцію. Описано галузі знань та технологій у яких явище електромагнітної індукції відіграє важливу роль. Розглянуто приклади сучасних технологічних рішень, засновані на явищі електромагнітної індукції, над якими працюють молоді українські науковці.

Abstract. *The history of the discovery of electromagnetic induction is considered, and examples of technologies and systems that use electromagnetic induction are given. The fields of knowledge and technologies in which electromagnetic induction plays an important role are described. Examples of modern technological solutions based on the phenomenon of electromagnetic induction, which young Ukrainian scientists are developing, are considered.*

Ключові слова: *Електромагнітна індукція, електрорушійна сила (ЕРС), магнетизм, електрика.*

Keywords: *Electromagnetic induction, electromotive force (EMF), magnetism, electricity.*

В умовах енергетичної кризи та необхідності розвитку екологічно чистих джерел енергії дослідження явища електромагнітної індукції набуває особливої актуальності. Воно є ключовим для створення енергоефективних технологій, пошуку нових способів передавання енергії, а також удосконалення наявних технічних рішень. Розуміння та практичне застосування принципів електромагнітної індукції сприяє розвитку електроенергетики та суміжних галузей науки й техніки.

Відкриття електромагнітної індукції, зроблене Майклом Фарадеєм і Джозефом Генрі у 1831–1832 роках, стало фундаментальним проривом у фізиці. Воно вперше об'єднало електрику та магнетизм – два явища, які до того часу розглядалися як незалежні одне від одного. Фарадей встановив, що зміна магнітного поля, спричинена підключенням або відключенням батареї у першій котушці, індукуює електричний струм у другій [1]. Він також запровадив концепцію «силових ліній» для опису електромагнітної взаємодії між магнітами, електричними зарядами та струмами [2].

У 1832 році Джозеф Генрі відкрив явище самоіндукції, зафіксувавши виникнення електрорушійної сили (ЕРС) у провіднику внаслідок зміни сили струму в ньому самому під час експериментів із електромагнітним двигуном [3].

Джеймс Клерк Максвелл узагальнив експериментальні відкриття Фарадея, сформулювавши математичну теорію електромагнетизму. Його рівняння описали, як зміна магнітного потоку індукуює електричне поле, і стали основою класичної електродинаміки. Сформульовані Максвеллом чотири рівняння не лише об'єднали електрику та магнетизм у єдину теорію, а й передбачили існування електромагнітних хвиль, які поширюються зі швидкістю

світла, тим самим довівши, що світло є електромагнітним явищем. Його робота надала відкриттям Фарадея теоретичного підґрунтя, що забезпечило їх широке визнання у науковій спільноті [4].

Подальші дослідження таких учених, як Густав Кірхгоф та Генріх Герц, у другій половині XIX століття значно поглибили розуміння електромагнетизму та підтвердили теоретичні передбачення Дж. К. Максвелла [5].

Електромагнітна індукція знайшла широке застосування в різних галузях науки, зокрема в хімії, біології та медицині. Її технологічні застосування охоплюють електроенергетику (генератори, електродвигуни) [6], бездротові технології, зокрема NFC і безконтактні зарядні пристрої [7–9], а також сенсорні технології – наприклад, ефект Холла, який активно використовується в системах контролю та безпеки [10], зокрема для виявлення вибухонебезпечних об'єктів у ґрунті [11].

Українські вчені зробили значний внесок у дослідження електромагнетизму, включаючи роботи Л. Ландау, що передбачив та пояснив діаманетизм Ландау – квантовомеханічний ефект, пов'язаний з поведінкою електронів у магнітному полі [12], роботи Ф. Піроцького, який першим винайшов трамвай на електричній тязі [13], роботи Л. Романківа, одного із винахідників жорсткого диску [14], а також роботи В. Лавриненка, який винайшов п'єзоелектричний двигун [15].

Сучасні українські вчені продовжують розвивати ідеї, закладені фундаментальними фізичними дослідженнями, зокрема у сфері електромагнітної індукції. Так, у нещодавній роботі [16] повідомляється про створення безлопатевого вітрогенератора WITERoK – інноваційного екологічного рішення для отримання енергії з вітру. Іншим перспективним напрямом є передача енергії електромобілям у процесі руху за допомогою електромагнітної індукції, що розглянуто в дослідженні [9].

Хоч технологія вже не є новаторською, автор у [9] змодельовав структурну електричну схему безконтактної передачі електроенергії. За його висновками задля збереження екології близькому майбутньому людство повністю перейде на використання приватного транспорту, що потребує електроенергії, як джерела руху, а найкращим методом для зарядження таких видів транспорту буде саме безконтактна зарядка [9]. Також дане питання розглянуто у роботі [8], де було підкреслено важливість прискіпливого ставлення до матеріалів, які використовуються для виконання елементів безконтактних зарядок та зауважено,

що існують виклики для детальніших досліджень, таких як нерівномірний розподіл магнітного поля.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] *Molecular Expressions: Electricity and Magnetism – Interactive Java Tutorials: Faraday's Experiment.* (б. д.). Molecular Expressions. <https://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/faraday/>
- [2] Великий вчений, чий винаходи змінили світ. *Бібліотека імені Михайла Андрійовича Жовтобрюха.* <http://lib.pnpu.edu.ua/novyny/3163-velikij-vchenij-chiyi-vinahodi-zminili-svit>
- [3] Джозеф Генрі, учений, який сприяв винаходу і телеграфу, і телефону! – Видатні фізики. https://scoolphysics.ucoz.ua/publ/vidatni_fiziki/dzhozef_genri_uchenij_jakij_sprijav_vinakhodu_i_telegrafu_i_telefonu/4-1-0-186
- [4] Історія електромагнетизму. *Вікіпедія.* https://uk.wikipedia.org/wiki/Історія_електромагнетизму
- [5] Дудик, М., & Діхтяренко, Ю. (2015). *Історія фізики (курс лекцій): навчальний посібник для студентів фізико-математичних спеціальностей.* Умань: ПП «Жовтий».
- [6] Знаковський, О. О., Немировський, А. В., & Козленко, О. В. (2024). Індукційний генератор. *Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні»* (Київ, 23 квіт. – 3 трав.). КПП ім. Ігоря Сікорського. <https://imm-mmi.kpi.ua/imm2024/paper/view/30847/17702>
- [7] Матвієнко, С. *NFC технологія – IT Master.* <https://itmaster.biz.ua/directory/standarts/nfc.html>
- [8] Гудак, Ю. Ю. (2023). *Мобільна система безпроводної передачі електроенергії для електромобілів: кваліфікаційна робота магістра.* Тернопіль: ТНТУ.
- [9] Сокіркаєв, Д. В. (2022). *Дослідження енергетичних характеристик системи бездротової зарядки електромобіля: пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи.* Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки.
- [10] Овчарова, А. Ефект Холла та його застосування. *Фізика: курс лекцій.* <https://physics.ptngu.com/?p=2604>
- [11] Савін, В. А. (2024). *Удосконалення методу виявлення вибухонебезпечних об'єктів: пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи.* Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки.

- [12] Ранюк, Ю. М. Ландау Лев Давидович. *Енциклопедія сучасної України*. Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. <https://esu.com.ua/article-53140>
- [13] Болсуновський, Д., & Любченко, А. Перший електричний трамвай. *Інститут аерокосмічних технологій*. <https://iat.kpi.ua/mesmerize/gallery-ua/ua-pershyj-elektrychnyj-tramvaj/>
- [14] Шиян, О. Любомир Романків – геній магнетизму родом з Жовкви. ZAXID.NET. https://zaxid.net/lyubomir_romankiv_vinahidnik_svitovogo_rivnya_rodом_z_zhovkvi_n1583816
- [15] Борисов, О. (2018, 6 грудня). П'єзодвигун – видатний винахід світу. *Київський політехнік*, с. 3.
- [16] Стукало, О. Зелена енергетика від дівчини з Херсона: як 18-річна винахідниця збирається допомогти українцям у випадку нових блекаутів. Рубрика. <https://rubryka.com/article/witerok/>

Горобець Д.П.

*ДУ «Інститут досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва», Київ, б. Шевченка 60,
email: dimahorobets95@gmail.com*

ВІД КІБЕРНЕТИКИ ГЛУШКОВА ДО СУЧАСНОГО ШІ: ІСТОРИЧНИЙ ВНЕСОК УКРАЇНИ В ТЕХНОЛОГІЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Анотація. У роботі досліджується внесок Віктора Глушкова, видатного українського вченого, у розвиток кібернетики як основи сучасних технологій штучного інтелекту. Аналізуються його ідеї щодо автоматизації обчислень, зокрема концепція Загальнодержавної автоматизованої системи (ЗАС), та їхній вплив на еволюцію ШІ. Метою є демонстрація ролі української науки в становленні технологій, що трансформують сучасний світ.

Abstract. This paper explores the contribution of Viktor Glushkov, a prominent Ukrainian scientist, to the development of cybernetics as a foundation for modern artificial intelligence technologies. It analyzes his ideas on computational automation, particularly the concept of the Nationwide Automated System (OGAS), and their impact on the evolution of AI. The aim is to demonstrate the role of Ukrainian science in shaping technologies that transform the modern world.

Ключові слова: кібернетика, штучний інтелект, Віктор Глушков, автоматизація, українська наука.

Keywords: cybernetics, artificial intelligence, Viktor Glushkov, automation, Ukrainian science.

Сьогодні штучний інтелект (ШІ) є ключовим елементом технологічних трансформацій, що впливають на всі сфери життя – від медицини до економіки. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю осмислення історичних витоків ШІ, зокрема внеску українських учених, чиї ідеї випередили час і заклали підґрунтя для сучасних інновацій. Одним із таких піонерів був Віктор Михайлович Глушков (1923–1982), засновник Інституту кібернетики НАН України та автор фундаментальних праць із кібернетики й автоматизації.

Глушков розпочав свою діяльність у 1950-х роках, коли кібернетика в СРСР вважалася «псевдонаукою». Проте вже в 1956 році він очолив лабораторію обчислювальної техніки в Інституті математики АН УРСР, а згодом — Обчислювальний центр, який у 1962 році трансформувався в Інститут кібернетики. Під його керівництвом було створено десятки типів комп'ютерів, зокрема серію машин «Мир», які вважаються прототипами сучасних персональних комп'ютерів. Його книга «Синтез цифрових автоматів» (1962) стала класикою в теорії обчислень і вплинула на розвиток алгоритмів, що лежать в основі ШІ [1].

Одним із найамбітніших проєктів Глушкова була Загальнодержавна автоматизована система (ЗАС), запропонована в 1962 році. Ця система мала на меті інтеграцію обчислень для управління економікою СРСР через мережу комп'ютерів – ідею, що передбачила сучасні концепції «хмарних» технологій і великих даних. Хоча ЗАС не була повністю реалізована через бюрократичні перешкоди та технологічні обмеження того часу, вона демонструє далекоглядність Глушкова. Як зазначає Бенджамін Пітерс у своїй книзі «How Not to Network a Nation», ця система могла стати першим прототипом глобальної комп'ютерної мережі, випередивши американський ARPANET [2].

Глушков також зробив значний внесок у теорію автоматів і програмування. Його ідеї щодо автоматизації обчислень і створення адаптивних систем знайшли відображення в сучасних алгоритмах машинного навчання. Наприклад, принципи оптимізації, які він розробляв для ЗАС, мають паралелі з методами градієнтного спуску, що застосовуються в нейронних мережах. Крім

того, Глушков бачив майбутнє кібернетики в імітації «мозкоподібних» структур, що наближає його ідеї до концепції штучного загального інтелекту (AGI) [3].

Мета цього дослідження – простежити зв'язок між фундаментальними працями Глушкова та сучасними технологіями ШІ, а також підкреслити значення його спадщини для української науки. Якщо розглядати ключові аспекти його діяльності, то можна виділити, по-перше, що Глушков розробив теорію цифрових автоматів, яка стала основою для синтезу кібернетичних систем і комп'ютерів. Його підхід до формалізації обчислень вплинув на розвиток мов програмування, таких як ANALYTIC, призначених для обробки алгебраїчних виразів [1]. По-друге, він передбачив необхідність інтеграції даних у масштабних системах, що є ключовою рисою сучасних платформ ШІ, таких як TensorFlow чи Hadoop.

Інститут кібернетики під керівництвом Глушкова став осередком підготовки кадрів, які згодом зробили внесок у світову інформатику. Наприклад, Катерина Ющенко, працюючи під його впливом, розробила одну з перших у світі мов програмування високого рівня – «Адресну мову», що використовувалася на комп'ютері «Київ». Ці досягнення демонструють, як українська наукова школа сприяла становленню ШІ. Сьогодні вчені КІІ ім. Ігоря Сікорського продовжують цю традицію, досліджуючи нейронні мережі та квантові обчислення.

Важливим аспектом спадщини Глушкова є його бачення кібернетики як науки про управління та обробку інформації в системах будь-якої природи: від машин до суспільства. У своїй праці «Введение в кибернетику» (1964) він наголошував на необхідності створення систем, здатних до самонавчання та адаптації [3]. Ці ідеї перегукуються з сучасними концепціями глибокого навчання та обробки великих даних, які є основою таких технологій, як ChatGPT чи автономні системи.

Попри те, що багато ідей Глушкова не були реалізовані за його життя через технологічні й політичні обмеження, їхнє значення важко переоцінити. Наприклад, проєкт ЗАС передбачав децентралізовану мережу обчислень, що нагадує сучасні блокчейн-технології. Як зазначає Малиновський у своїй біографії Глушкова, його роботи з макроконвеєрної архітектури комп'ютерів вплинули на розробку суперкомп'ютерів, які сьогодні використовуються для тренування моделей ШІ [4].

Спадщина Глушкова має не лише наукове, а й патріотичне значення. Його діяльність у КІІ та Інституті кібернетики сприяла формуванню української ідентичності в галузі високих технологій. Сьогодні, коли Україна активно інтегрує ШІ у військову сферу та економіку, його ідеї набувають нового

звучання. Наприклад, стратегія розвитку ШІ в Україні, ухвалена в 2021 році, спирається на традиції кібернетики, закладені Глушковим [5].

Віктор Глушков зробив неоціненний внесок у розвиток кібернетики, створивши фундамент для сучасних технологій ШІ. Його ідеї щодо автоматизації, мережного управління та адаптивних систем випередили час і стали основою для технологічних трансформацій ХХІ століття. Українська наука, спираючись на його спадщину, посідає гідне місце у світовому контексті. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на адаптацію концепцій Глушкова до сучасних викликів, зокрема в галузі квантового ШІ та етичних аспектів автоматизації.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Glushkov, V. M. (1962). *Synthesis of digital automata*. Kyiv: Naukova Dumka.
- [2] Peters, B. (2016). *How not to network a nation: The uneasy history of the Soviet Internet*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [3] Glushkov, V. M. (1964). *Introduction to cybernetics*. Kyiv: Naukova Dumka.
- [4] Malinovsky, B. N. (2010). *Viktor Glushkov: Pioneer of cybernetics*. Kyiv: Akademperiodyka.
- [5] Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). *Concept for the development of artificial intelligence in Ukraine* (Order No. 1556-r). Kyiv.

Грудінін Д.Ю., Русаков В.Ф.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: dmygryk@gmail.com*

ЕВОЛЮЦІЯ ТЕОРЕТИЧНИХ УЯВЛЕНЬ ПРО НАДПРОВІДНІСТЬ

Анотація. В роботі розглянуто еволюцію фізики надпровідності від відкриття явища до сучасного стану. Акцентовано увагу на основних досягненнях, які привели до розуміння природи явища і можливості його використання як у наукових дослідженнях, так і практичному застосуванні.

Abstract. This paper examines the evolution of superconductivity physics from the discovery of the phenomenon to the present day. The main achievements that led to the understanding of the nature of the phenomenon and the possibility of its use in both scientific research and practical application are emphasized.

Ключові слова: низькі температури, надпровідність, надпровідник, змішаний стан надпровідника, теорія БКШ, вихор Абрикосова, критичне магнітне поле, критичний струм.

Keywords: low temperatures, superconductivity, superconductor, mixed state of superconductor, BCS theory, Abrikosov's vortex, critical magnetic field, critical current.

Енергетична проблема є однією з найактуальніших для людства, тому розвиток енергоощадних технологій набуває пріоритетного значення. Явище надпровідності полягає у зникненні електричного опору в провіднику під час протікання струму за певних умов. Використання надпровідників може зробити суттєвий внесок в енергозбереження, оскільки дозволяє звести втрати електроенергії до 1–2%. Саме цим зумовлюється висока актуальність проблеми надпровідності.

Метою даної роботи є аналіз еволюції теоретичного вивчення цього унікального фізичного явища.

Після відкриття надпровідності у 1911 році голландським вченим Г. Камерлінг-Оннесом [1], протягом наступних 20–30 років було досягнуто значних експериментальних успіхів у дослідженні цього явища. Проте для цілеспрямованого пошуку матеріалів, здатних до надпровідності, необхідним було розуміння фізичних принципів цього явища: виникла потреба у створенні теорії надпровідності.

При подальшому дослідженні надпровідників з'ясувалося, що вони мають цікаві фізичні властивості. Зокрема, магнітний і надпровідний стани провідника несумісні. Так, якщо провідник знаходиться у надпровідному стані, то магнітне поле (до певної величини напруженості, яке називається критичним магнітним полем, H_c) в нього не проникає; а при охолодженні зразка у магнітному полі, після його переходу у надпровідний стан, магнітне поле виштовхується з нього. Цей ефект був відкритий В. Мейснером і Р. Оксенфельдом у 1933 році. Теоретичне пояснення було дано братами Ф. Лондоном і Х. Лондоном [2]. Отримані ними у 1935 році рівняння (рівняння Лондонів) встановлюють зв'язок між струмом та магнітним полем у надпровідниках. Вони дали перші задовільні пояснення ефекту Мейснера. З них випливає висновок про існування незатухаючих струмів поблизу поверхні надпровідника, які створюють внутрішнє магнітне поле, що спрямоване протилежно до зовнішнього, прикладеного магнітного поля, і компенсує його. Крім того, було з'ясовано, що

коли струм, що протікає по надпровіднику, перевищує певне значення (воно називається критичним струмом, J_c), то надпровідний стан також руйнується – ефект Сілсбі. Це відбувається, оскільки струм створює магнітне поле, яке при досягненні критичного значення руйнує надпровідний стан.

Л.Д. Ландау першим увів трактування надпровідності як надплинності електронної рідини у металах у 1941 році. У 1950 році В.Л. Гінзбургом і Л.Д. Ландау була запропонована феноменологічна теорія, яка отримала назву теорії надпровідності Гінзбурга–Ландау [3]. Теорія містила параметри, які підлягали незалежному визначенню.

Мікроскопічна теорія була запропонована у 1957 році американськими фізиками Д. Бардіним, Л. Купером і Д.Р. Шріффером (БКШ-теорія). В її основу була покладена ідея Л. Купера [4], що за рахунок взаємодії з іонами за певних умов між електронами може виникнути притягування, в результаті якого електрони об'єднуються у так звані куперівські пари, які починають поводитися як бозони і перестають зіштовхуватися з іонами решітки. В результаті їхньої конденсації з'являється надпровідність. Ще однією особливістю надпровідного стану є наявність енергетичної щілини у спектрі елементарних збуджень носіїв, що робить надпровідний стан до певних температур стійким до теплових збурень.

Історично, БКШ-теорія була першим поясненням зникнення опору провідників при низьких температурах, виходячи з квантово-механічних принципів. Сьогодні вона переважає у поясненнях низькотемпературної надпровідності (НТНП). Під час створення теорії було враховано квантові властивості руху електронів у кристалічній ґратці. Ефективне притягування може виникати лише між тими електронами, енергії яких відрізняються від енергії Фермі не більше ніж на величину енергії Дебая. Можна сказати, що ефект надпровідності є проявом квантових властивостей електронів на макроскопічному рівні. Автори теорії отримали за неї Нобелівську премію з фізики за 1972 рік.

Попри значні успіхи, теорія БКШ не пояснила існування змішаного стану надпровідників (Шубніковської фази). Заслуга у розв'язанні цієї задачі належить А.А. Абрикосову, який, базуючись на роботах Л.В. Шубнікова і на теорії Гінзбурга–Ландау, у 1957 році [5] запропонував розглядати входження магнітного поля у надпровідник, без руйнування надпровідного стану, у вигляді магнітних вихорів (вихорів Абрикосова), осердя яких знаходиться у нормальному стані і містить магнітне поле, а по периметру течуть вихрові струми, що його екранують і не пропускають в об'єм надпровідника. Абрикосов

увів поняття надпровідників I і II роду. Абрикосов, Гінзбург та Леггетт отримали Нобелівську премію у 2003 році.

Теорія БКШ, як вже сказано, добре пояснювала НТНП, але при розгляді високотемпературної надпровідності (ВТНП) виникли значні проблеми. Класичний куперівський механізм спарювання електронів тут не працює у повному обсязі. Це, напевно, пов'язано зі специфічною, шаруватою структурою ВТНП. Сьогодні, хоч пройшло вже майже 40 років від відкриття ВТНП, немає єдиної теорії, яка б її пояснювала. Запропоновано декілька механізмів, серед яких – спін-флуктуаційний механізм: спарювання електронів відбувається за рахунок спінових флуктуацій.

Отже, попри відсутність наразі єдиної загальноприйнятої теорії надпровідності, постійно з'являються нові гіпотези, що пояснюють окремі аспекти цього складного явища. Кожна з них робить свій внесок у формування майбутньої узагальненої теоретичної моделі. Імовірно, така теорія не ґрунтуватиметься на одному універсальному принципі, як, наприклад, теорія БКШ, а стане комплексом взаємопов'язаних моделей, об'єднаних спільною методологічною основою.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Kamerlingh Onnes, H. (1911). *Communications Leiden* (pp. 81–83). University of Leiden.
- [2] London, F., & London, H. (1935). The electromagnetic equations of the supraconductor. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A – Mathematical and Physical Sciences*, 149(866), 71–88. <https://doi.org/10.1098/rspa.1935.0048>
- [3] Гинзбург, В. Л., и Ландау, Л. Д. (1950). К теории сверхпроводимости. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, 20(12), 1064–1082.
- [4] Cooper, L. N. (1956). Bound electron pairs in a degenerate Fermi gas. *Physical Review*, 104(4), 1189–1190. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.104.1189>
- [5] Абрикосов, А. А. (1957). О магнитных свойствах сверхпроводников второй группы. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, 32(6), 1442–1452.

Кравченко Д. Д.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, email: daria.kravchenko@sgt.khpi.edu.ua*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІНСТИТУТУ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ НАН УКРАЇНИ

Анотація. *Досліджено історію створення та ключові напрями діяльності лабораторії автоматичного регулювання Інституту електродинаміки НАН України. Проаналізовано внесок установи в розробку теоретичних засад і практичних рішень для автоматизації електроенергетичних систем, що сприяло підвищенню їхньої ефективності та надійності. Висвітлено еволюцію досліджень від середини XX століття до сучасності, підкреслено значення отриманих результатів для розвитку кібернетичних систем і технологій в Україні.*

Abstract. *The history of creation and key activities of the Laboratory of Automatic Control of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine are investigated. The institution's contribution to developing theoretical foundations and practical solutions for the automation of electric power systems, which contributed to increasing their efficiency and reliability, is analyzed. The evolution of research from the middle of the XX century to the present is highlighted, and the importance of the results obtained for developing cybernetic systems and technologies in Ukraine is emphasized.*

Ключові слова: *Інститут електродинаміки, автоматизація, історія науки та техніки, автоматичне регулювання, електротехніка.*

Keywords: *Institute of Electrodynamics, automation, history of science and technology, automatic control, electrical engineering.*

Інститут електродинаміки Національної академії наук України було засновано у 1947 році в результаті реорганізації Інституту енергетики АН УРСР. У межах цієї реорганізації було створено дві автономні наукові установи: Інститут теплоенергетики та Інститут електротехніки АН УРСР. Останній у 1964 році отримав сучасну назву – Інститут електродинаміки НАН України. Протягом 1944 – 1947 років було сформовано лабораторно-технічну базу інституту, розширено обсяги наукових досліджень і збільшено штат наукових співробітників.

Дослідницькі напрями, закладені видатними вченими В. М. Хрущовим та С. О. Лебедєвим, зосереджувались на аналізі, оптимізації та автоматизації режимів роботи електроенергетичних систем і їхніх складових. Ці роботи відіграли ключову роль у розвитку української електротехнічної науки впродовж кількох десятиліть.

До кінця 1947 року діяльність інституту набула повномасштабного характеру. У його структурі функціонувало п'ять основних лабораторій: лабораторія регулювання й моделювання (пізніше – лабораторія № 1), лабораторія струмів високої частоти, лабораторія електричних станцій та енергосистем, лабораторія електричних вимірювань, а також лабораторія автоматики та електроапаратури [1].

Наприкінці 1953 року, у зв'язку з утворенням Академії сільськогосподарських наук УРСР, яка перебрала на себе функцію проведення досліджень у галузі електрифікації сільського господарства, в Інституті електродинаміки з'явилися дві нові лабораторії: лабораторія електричних машин та електроприводу, а також лабораторія автоматичного регулювання виробничих процесів.

У лабораторії автоматичного регулювання під керівництвом члена-кореспондента АН УРСР О. Г. Івахненка було закладено теоретичні основи для розробки багатоконтурних і комбінованих систем автоматичного регулювання [2]. У процесі наукових досліджень було створено методи аналітичного аналізу таких систем із урахуванням впливу збурень і їхніх похідних, а також проведено поглиблене вивчення режимів їх функціонування. На базі цих теоретичних напрацювань було сконструйовано низку технічних пристроїв, серед яких: магнітні регулятори швидкості для двигунів змінного струму; магнітні підсилювачі з механізмами стабілізації через зворотний зв'язок; стабілізатори струму та напруги з комбінованим управлінням; регулятори захисного потенціалу для підземних трубопроводів.

Аналіз архівних матеріалів Інституту електродинаміки дозволяє зробити висновок, що співробітники цієї лабораторії зробили вагомий внесок у розвиток теорії та схемотехнічних рішень для кібернетичних систем автоматичного регулювання, розробивши підходи до їхнього розрахунку й забезпечення стійкості. З огляду на тематику наукових розробок, лабораторія в подальшому була інтегрована до складу Інституту кібернетики АН УРСР.

Результати її діяльності знайшли практичне застосування при створенні експериментальних зразків регуляторів для автоматизації контролю повітряного

режиму в системах горіння котлів та дозування вапна в установках хімічної водопідготовки на теплових електростанціях. Також уперше були створені пристрої програмного керування для металообробних верстатів, зокрема розіmkнена система двокоординатного керування для фрезерного верстата з використанням інноваційних компонентів і нових типів крокових двигунів [3].

На сучасному етапі Інститут електродинаміки НАН України посідає провідне місце серед наукових установ країни. У межах його діяльності виконано низку фундаментальних і прикладних досліджень, спрямованих на вдосконалення методологічних засад функціонування складних технічних систем, зокрема енергетичної інфраструктури України [4]. Результати цих досліджень втілено у вигляді автоматизованих систем моніторингу, діагностики та управління для великих енергетичних об'єктів, зокрема генераторів, розподільчих пристроїв атомних і теплових електростанцій, а також високовольтних підстанцій.

Отже, діяльність лабораторії автоматичного регулювання Інституту електродинаміки НАН України засвідчує її визначну роль у розвитку автоматизації електроенергетичних систем і виробничих процесів. Починаючи з середини ХХ століття, ця лабораторія стала осередком інновацій, як у теоретичних підходах, так і в практичних розробках у галузі автоматичного керування. Створені тут пристрої регулятори потужності, стабілізатори струму та напруги, а також системи програмного керування, знайшли широке застосування в енергетиці, промисловості та транспорті, істотно підвищивши ефективність і надійність складних технічних систем.

Крім того, теоретичні напрацювання лабораторії, особливо в напрямі багатоконтурних і комбінованих систем регулювання, стали основою для подальшого розвитку кібернетичних технологій в Україні. Отже, внесок лабораторії автоматичного регулювання не лише збагатив українську науку, а й забезпечив конкретні практичні результати, що залишаються актуальними для подолання сучасних технологічних викликів.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Тверитникова, О. Є. (2017). *Електротехнічна галузь України другої половини ХХ ст.: напрями розвитку і здобутки: монографія*. Харків: Тім Пабліш Груп. НТУ «ХП».
- [2] Шидловський, А. К. (1997). Інститут електродинаміки НАН України. *Технічна електродинаміка*, (1), 3–11.

[3] Річний звіт про виконання тематичного плану науково-дослідної роботи Інституту електротехніки АН УРСР за 1953 р. Архів ІА НБУ ім.

В.І. Вернадського, ф. 263, оп. 1, спр. 111, 57 арк.

[4] Стогній, Б. С. (2007). На шляхах автоматизації електричних систем. *Технічна електродинаміка*, (3), 41–50.

Озоженко Т.І.

ДПМ імені Бориса Патона при КПІ ім. Ігоря Сікорського Берестейський
проспект, 37, Київ,

email: tozozhenko@gmail.com

ПЕРШИЙ П'ЄЗОДВИГУН У СВІТІ: ВНЕСОК УЧЕНИХ КПІ У РОЗВИТОК ВИСОКОТОЧНИХ ПРИЛАДІВ

Анотація. В матеріалах висвітлюється історія винаходу Лавріненком В.В. першого в світі п'єзодвигуна та подальша його модернізація у співпраці з вченими та інженерами «КПІ» імені Ігоря Сікорського.

Abstract. The article covers the history of the invention of the world's first piezoelectric motor by V. Lavrinenko and its further modernization in cooperation with scientists and engineers of the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».

Ключові слова: історія, п'єзодвигун, модернізація, вчені, інженери.

Keywords: history, piezoelectric motor, modernization, scientists, engineers.

Сьогодні, в умовах геноциду українського народу, який здійснюється російськими загарбниками, особливо важливо донести до світової спільноти значущий внесок українських учених та інженерів у розвиток світової науки і техніки. Збереження історичної пам'яті про роль наукового потенціалу у становленні держави та примноження національної спадщини визначними досягненнями є невід'ємною складовою національної ідентичності. Серед провідних світових науково-технічних розробок вагоме місце посідають здобутки київських політехніків, які акумулюють досягнення суспільства в різні історичні періоди та сприяють подальшому розвитку цивілізації.

У минулому році співробітники Державного політехнічного музею, виконуючи науково-дослідну роботу, на основі вивчення одного з експонатів п'єзодвигуна. Вони не лише зібрали інформаційні матеріали, а й поповнили музейний фонд унікальною колекцією зразків цього пристрою, що відображають етапи його подальшого вдосконалення та модернізації. Це дало можливість організувати виставку під назвою «П'єзоелектричні двигуни — створено в КПІ».



Виставка «П'єзоелектричні двигуни – створено в КПІ»

П'єзодвигун це унікальний прилад нового типу в якому високочастотні мікроскопічні коливання п'єзоелектричного матеріалу перетворюються на обертальний або поступальний рух та «...здатний перетворити електричну енергію у механічну з дуже великим ККД» [1].

Історія створення п'єзодвигуна пов'язана з діяльністю вчених та інженерів Київського політехнічного інституту (нині — НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»). У 1947 році «...було отримано перші керамічні зразки титанату барію, і вже з цього часу виробництво п'єзоелектричних двигунів стало теоретично можливим» [1]. Однак лише через двадцять років вдалося реалізувати цю ідею на практиці. Досліджуючи п'єзоелектричні трансформатори, молодий фахівець В'ячеслав Лавріненко на кафедрі діелектриків і напівпровідників під керівництвом професора Михайла Некрасова (згодом — кафедра мікроелектроніки) виявив обертальний рух пристрою у тримачі.

Досконало розібравшись у всіх процесах, пов'язаних із цим явищем, у 1964 році В'ячеслав Лавріненко створює перший у світі п'єзоелектричний двигун.

У 1965 році було видано патент на винахід електричного двигуна з використанням п'єзоелектричної пластини, авторами якого стали М. М. Некрасов

і В. В. Лавріненко [2]. Цей винахід став основою для подальших досліджень і розвитку приладів нового класу.

Серед основних переваг п'єзодвигуна порівняно з традиційними електромагнітними двигунами — компактність, швидкий запуск і зупинка, зручність у керуванні, точність фіксації положення при зупинці. Пристрій не створює магнітного поля, оскільки не містить магнітних елементів, не горючий і не забруднює навколишнє середовище. Під час його зупинки не виникає перенавантаження в ланцюзі живлення. Живлення на високих частотах забезпечує простоту конструкції, а також малі габарити й масу електронних схем та схем керування частотою обертання [3].

На основі першого двигуна з прямим фрикційним контактом були створені групи нереверсивних двигунів із механічним зв'язком п'єзоелемента з ротором через штовхачі. На його базі було розроблено десятки конструкцій двигунів із діапазоном швидкостей від 0 до 10 000 об/хв та моментами обертання від 0 до 10 Н·м, а також інші різновиди пристроїв.

В'ячеслав Васильович, випередивши на десятиліття подібні розробки своїх закордонних колег, фактично сформулював основні принципи побудови п'єзоелектричних двигунів. У співавторстві з однодумцями він захистив низку авторських свідоцтв і патентів на винаходи.

У Київському політехнічному інституті, у корпусі факультету електроніки, була створена лабораторія п'єзоелектричних двигунів, на базі якої згодом було налагоджено їх серійне виробництво.

Під керівництвом В'ячеслава Лавріненка було організовано перше у світі серійне виробництво п'єзодвигунів для відеомагнітофона «Електроніка-552». П'єзодвигуни знайшли застосування у магнітній апаратурі звукозапису та відеозапису, зокрема в магнітофонах, кіно- та фотоапаратурі, діапроекторі «Київ-66 Автомат», приладах і системах автоматичного керування та регулювання, у протезах, дитячих іграшках, а також побутовій техніці.

Хвильові п'єзоелектричні двигуни почали використовуватися в об'єктивах дзеркальних фотоапаратів таких компаній, як Canon, Minolta, Sony, Nikon, Olympus, Panasonic, Pentax, Sigma.

Крім того, п'єзодвигуни успішно інтегрувалися у конструкції космічних апаратів, робототехнічних систем, приводів антен і камер спостереження, ріжучих інструментів, а також у механізми протягування стрічки. Вони застосовувалися як у баштових вуличних годинниках, так і в приводах рекламних платформ.

У 1980 році у видавництві «Енергія» вийшла друком монографія «Пьезоэлектрические двигатели» [4], що засвідчило зростання інтересу до зазначених розробок. Почалося активне вивчення конструкцій п'єзодвигунів за кордоном та їх серійне виробництво. Зокрема, серія лінійних двигунів була налагоджена в Німеччині на підприємстві «Pneuzical Instrument», у Китаї та Японії розпочалося виробництво хвильових двигунів, а в США — надмініатюрних обертових двигунів.

Винаходи та розробки, здійснені у КПІ у сфері п'єзодвигунів, отримали міжнародне визнання. Це підтверджується численними авторськими свідоцтвами та патентами, отриманими співробітниками КПІ у десятках країн світу, а також численними посиланнями на ці розробки у публікаціях зарубіжних наукових груп, що працювали в аналогічному напрямку. Загалом на винахід п'єзодвигуна було отримано понад 200 авторських свідоцтв і патентів, з яких понад 50 — у таких країнах, як США, Японія, Німеччина, Австралія, Велика Британія, Франція та інших [5].

На знак визнання заслуг В'ячеслава Лавріненка, у листопаді 2018 року в Україні в рамках серії «Винаходи, які Україна подарувала світу» було випущено поштову марку, присвячену його винаходу — п'єзодвигуну.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] П'єзодвигун. (n.d.). *Вікіпедія: вільна енциклопедія*. <https://uk.wikipedia.org/wiki/П%27єзодвигун>
- [2] Некрасов, М. М., & Лавріненко, В. В. (1968). *Патент №217509 Україна: Н02К*. Заявлено 10 травня 1965 р. (№1006424/26-9); опубліковано 12 березня 1968р.
- [3] П'єзодвигун – історія одного експонату. (2006). *Київський політехнік*, (19).
- [4] Лавриненко, В. В., Карташев, І. А., & Вишневський, В. С. (1980). *Пьезоэлектрические двигатели*. Москва: Енергія.
- [5] П'єзодвигун – видатний винахід світу. (2018). *Київський політехнік*, (36).

Пономаренко Л.П.¹, Зарубіна Н.Є.², Кузь О.П.¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ, email: Ponomarenko.Lilia@lil.kpi.ua

²Інститут ядерних досліджень НАН України, проспект Науки, 47, Київ, email: Nataliia.zarubina@gmail.com

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ДЕТЕКЦІЇ АЛЬФА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЇХ ПЕРШІ БІОМЕДИЧНІ ЗАСТОСУВАННЯ

Анотація. У роботі висвітлюється розвиток методів детектування альфа-випромінювання з кінця XIX до середини XX століття. Особлива увага приділяється одним із перших біомедичних застосувань альфа-випромінювання, зокрема в дослідженнях впливу іонізуючого випромінювання на біологічні тканини.

Abstract. The paper highlights the development of alpha radiation detection methods from the late 19th to the mid-20th century. Particular attention is paid to one of the first biomedical applications of alpha radiation, particularly in studies of ionizing radiation's effects on biological tissues.

Ключові слова: Детектор, іонізуюче випромінювання, альфа-частинка
Keywords: Detector, ionizing radiation, alpha particle

Розвиток детектування альфа-випромінювання, особливо в період кінця XIX століття – середини XX століття, є важливим етапом у вивченні радіоактивності. Цей період охоплює відкриття нових типів випромінювання, таких як альфа-частинки, і створення перших методів та інструментів для їх виявлення. Досліди, проведені такими вченими як Е. Резерфорд, Г. Гейгер, В. Мюллер, Ч. Вільсон та ін. сприяли створенню перших детекторів випромінювання та стали основою для розвитку ядерної фізики та радіаційної безпеки.

Відкриття явища радіоактивності у 1896 році А. Беккерелем, а згодом робота М. та П. Кюрі з радієм (Ra) і полонієм (Po), є відправною точкою для дослідження типів випромінювання. Е. Резерфорд першим класифікував радіоактивні випромінювання, як альфа- і бета-випромінювання у 1899 році. Альфа-випромінювання, як з'ясувалося пізніше, складається з позитивно

заряджених частинок – ядер гелію (He^{2+}) і є високоіонізуючим, проте має дуже обмежену проникну здатність: альфа-частинки зупиняються навіть аркушем паперу або епідермісом шкіри людини. [1]

Перші дослідники для детектування випромінювання використовували флуоресцентні екрани, покриті сульфідом цинку, які давали світлові спалахи при потраплянні альфа-частинок. Це був один із первинних способів візуалізації випромінювання. Спостереження проводилось у темній кімнаті за допомогою мікроскопа і спалахи (сцинтиляції) підраховували вручну. Метод був точним, але надзвичайно виснажливим.

Наступним важливим детектором став електроскоп, який дозволяв якісно оцінити іонізуючу здатність випромінювання. Через свою велику масу та заряд, альфа-частинки створювали значну іонізацію повітря, що спричиняло розряд електроскопа. Цей ефект дозволив відрізнити альфа-випромінювання від інших типів радіоактивності, зокрема бета-випромінювання.

У 1900 році Чарльз Вільсон винайшов *камеру*, що згодом (1912) дозволила візуалізувати сліди іонізуючих часток (камера Вільсона). Альфа-частинки проходили через пересичену пару та залишали сліди, які можна було фотографувати. Камери Вільсона стали невід'ємною складовою експериментальної фізики у 1920 – 1950-х роках. Їх використовували для вивчення взаємодії частинок, зокрема в процесах розсіювання та розпаду.

Перші кількісні оцінки випромінювання стали можливими саме після винайдення іонізаційної камери. Резерфорд і Гейгер використали камери для підрахунку альфа-частинок, створивши електричний підсилювач сигналу. Це дозволило перейти від візуального спостереження до електронного детектування. Пізніше на основі цих досліджень було створено електронні лічильники.

У 1908 році Г. Гейгер і В. Мюллер розробили детектор Гейгера-Мюллера, який виявився першим ефективним приладом для детекції альфа-випромінювання. Це був газовий лічильник, що генерував електричний імпульс у випадку взаємодії альфа-частинки з молекулами газу у детекторі.

Наступним важливим етапом розвитку детектування стали пропорційні лічильники. Завдяки газовому підсиленню вони дозволяли не лише реєструвати частинки, але й розрізняти їх за енергією. Це створило основу для альфа-спектроскопії, яка сьогодні активно використовується в ядерній фізиці, радіоекології та криміналістиці. Альфа-спектрометри дозволяють розрізняти ізотопи, які випромінюють альфа-частинки, за їх енергетичними характеристиками. [1, 2]

Альфа-детектори швидко знайшли застосування не лише у суто наукових дослідженнях. Одним із перших напрямів використання детекторів альфа-випромінювання було дослідження дії випромінювання на біологічні тканини. Уже на початок XX століття проводилися експерименти із використанням альфа-джерел (особливо радону та радію) для вивчення впливу іонізуючого випромінювання на шкіру, кров, клітини епітелію. Так, у 1904 році американський лікар Еміль Груббе застосовував радій для опромінення пухлин і спостерігав реакцію тканин за допомогою перших електроскопів та візуальних оцінок [2].

Під час Першої світової війни детектори почали вперше застосовувати в польових умовах. Через широке використання радію в медичних установках в якості джерела терапевтичного опромінення, зростає потреба у моніторингу доз персоналу та пацієнтів. Військові шпиталі у Франції та Великобританії обладнувались електроскопами та сцинтиляційними екранами для виявлення протікання або неправильного зберігання радієвих аплікаторів. Це дозволяло зменшити випадки променевого ураження серед персоналу.

У Франції, зокрема, лабораторії під керівництвом Марії Склодовської-Кюрі, які займались виготовленням і контролем радієвих зразків, використовували електроскопи для перевірки активності підготовлених джерел перед їх транспортуванням на фронт. В умовах, коли було складно проводити повноцінну діагностику поранених, альфа-випромінювання разом із рентгенівським застосовувалося в мобільних польових шпиталях. Марія Кюрі організувала створення пересувних рентгенівських лабораторій, відомих як "маленькі Кюрі" (*Petites Curies*), для обстеження поранених солдатів.

Крім того, в медичних експериментах воєнного часу проводились опромінення поверхневих ран радієвими аплікаторами. Для контролю активності аплікатора безпосередньо перед використанням застосовували сцинтиляційні екрани, що дозволяло перевірити інтенсивність альфа-випромінювання без складної апаратури. [3]

У 1920 – 1930-х роках у дослідницьких лабораторіях почали використовувати мікроіонізаційні камери для детектування альфа-випромінювання в біологічних зразках. Відомі експерименти І.Тарханова, який ще у 1896 році виявив зміни в життєвій активності організмів після опромінення альфа-частинками [4].

Згодом у 1940–1950-х роках альфа-детектори почали застосовуватись для вивчення розподілу радіонуклідів у тканинах лабораторних тварин. Наприклад,

використовували сцинтиляційні кристали для локалізації накопичення полонію-210 або плутонію-239 в кістках і печінці. Це дозволяло оцінювати біологічний розподіл і період напіввиведення альфа-випромінюючих речовин, що сприяло подальшому розвитку радіотоксикології.

Попри низьку проникність, альфа-випромінювання є вкрай небезпечним у разі внутрішнього опромінення, особливо при надходженні у дихальні шляхи (легені). Саме тому детектування такого випромінювання важливе в контексті контролю забруднення навколишнього середовища, моніторингу харчових продуктів, а також у медицині та криміналістиці.

ЛІТЕРАУРА

- [1] Frame, P. W. (2005). A history of radiation detection instrumentation. *Health Physics*, 88(6), 613–637.
- [2] Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement* (4th ed.).
- [3] Jorgensen, T. J. (2017, October 11). How Marie Curie Brought X-Ray Machines To the Battlefield. *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/history/how-marie-curie-brought-x-ray-machines-to-battlefield-180965240/>
- [4] Майдебур, О. П. (2012). Відкриття іонізуючого випромінювання як передумова становлення радіобіології. *Зрошуване землеробство*, 58, 169–171

Rachek K.O., Kyrtoka T.V., Ivanova I.M.

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Kyiv, 37, Prospect Beresteyskyi, email: im_ivan@ukr.net*

ANTIHYDROGEN: EVOLUTION OF STUDY IN UKRAINE AND WORLDWIDE

Abstract. Antihydrogen, an atom composed entirely of antimatter particles, provides a unique opportunity to study fundamental symmetries of the Universe, particularly CPT symmetry, which predicts identical behavior of matter and antimatter under certain transformations. Its synthesis and study have been pivotal in advancing our understanding of antimatter.

Анотація. Антиводень – атом, повністю складений із частинок антиматерії, надає унікальну можливість для дослідження фундаментальних симетрій Всесвіту, зокрема CPT-симетрії, яка передбачає, що матерія й антиматерія повинні поводитися ідентично при перетвореннях заряду,

парності та часу. Синтез і вивчення антиводню відіграють ключову роль у поглибленні нашого розуміння антиматерії.

Keywords: *antimatter, antiparticles, antiproton, positron, antihydrogen,*

Ключові слова: *антиматерія, античастинки, антипротон, позитрон, антиводень.*

An anti-atom is an atom made of antimatter particles, similar in structure to a regular atom but with antiparticles: antiprotons, antineutrons, and positrons instead of protons, neutrons, and electrons.

The first antiparticle was discovered by Carl David Anderson in 1931 when he observed its track using a Wilson cloud chamber. He slowed the particle down with a thin metal plate to study its properties, which caused a spiral trajectory. The particle was called a positron [1].

The antiproton was first created in 1955 by physicists Owen Chamberlain and Emilio Segre [2]. They used the Bevatron proton accelerator to collide high-energy protons with a target, resulting in the creation of antiprotons.

Antihydrogen was first synthesized at CERN [3] in 1995 during the PS210 experiment led by Walter Oelert. Antiprotons were decelerated in a thin metallic foil and subsequently captured in a Penning trap — an electromagnetic device that confines particles using combined magnetic and electric fields. Inside the trap, antiprotons interact with electrons, which cool via cyclotron radiation.

The positrons are easy to obtain from radioactive sources. In the ATHENA experiment, positrons are accumulated using a technique developed by Cliff Surko and his team at the University of California, San Diego. They are slowed down by collisions with nitrogen molecules and then collected in a Penning trap for 200 seconds before being transferred to another trap holding antiprotons within the same magnetic field.

Antiprotons are introduced into positron plasma to create an antihydrogen. About 15% of antiprotons interact with positrons, forming antihydrogen nuclei.

Antihydrogen is a unique probe for testing CPT symmetry, which predicts identical behavior of matter and antimatter under charge conjugation (C), parity inversion (P), and time reversal (T). In this framework, antiparticles are viewed as particles moving backward in time.

Alongside Dirac's prediction of the positron in 1928 [4], the issue of negative energy solutions in the Dirac equation led to two interpretations. Paul Dirac proposed the "Dirac sea" model, where negative energy states are filled with electrons, preventing

transitions from positive energy states. A "hole" in this sea, representing the absence of a negative energy electron, is perceived as a positron.

Feynman [5] and Stueckelberg [6] explained negative energy solutions as particles moving backward in time. In quantum electrodynamics, positrons are seen as electrons going backward in time, as shown in Feynman diagrams.

Since quantum mechanics describes systems evolving forward in time, reversed time paths are interpreted as antiparticles. This idea remains theoretical and lacks clear meaning in the Hamiltonian approach.

Time reversal is still debated, especially in connection with entropy and irreversibility. So far, it has neither been confirmed nor disproven experimentally.

The GBAR project [7] aims to measure the free-fall acceleration of ultracold neutral antihydrogen in Earth's gravity to test Einstein's equivalence principle, which states that gravity is independent of a particle's internal structure. Results, which may clarify how antimatter interacts gravitationally, are still expected, and antigravity remains unconfirmed.

Ukrainian scientists also contributed to the technology of creating antihydrogen. In 2016, M.M. Diachenko [8], O.V. Khelemelia, and O.P. Novak received the Presidential Award of Ukraine for research on cooling proton and antiproton beams using magnetized electron gas with anisotropic temperature — an important component of the electron cooler for the HESR ring at the FAIR facility.

From 2009 to 2017, the UA9 collaboration at CERN confirmed the stochastic deflection mechanism of high-energy charged particle beams predicted by Grinenko and Shulga [9]. This enables precise control of both positively and negatively charged particles and is planned for use at PETRA IV (DESY) and in future electron-positron colliders.

REFERENCES

- [1] Anderson, C. D. (1933). The positive electron. *Physical Review*, 43(6), 491–494. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.43.491>
- [2] Chamberlain, O., Segrè, E., Wiegand, C., & Ypsilantis, T. (1955). Observation of antiprotons. *Physical Review*, 100, 947. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.100.947>
- [3] CERN. (2019, June 26). First atoms of antimatter produced at CERN. *CERN Press Releases*.
- [4] Dirac, P. A. M. (1928). The quantum theory of the electron. *Proceedings of the Royal Society A*, 117(778), 610–624. <https://doi.org/10.1098/rspa.1928.0023>

- [5] Feynman, R. P. (1949). The theory of positrons. *Physical Review*, 76(6), 749–759. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.76.749>
- [6] Stueckelberg, E. C. G. (1934). Relativistisch invariante Störungstheorie des Diracschen Elektrons. I. Teil: Streustrahlung und Bremsstrahlung. *Annalen der Physik*, 413, 367–389.
- [7] Perez, P., & Sacquin, Y. (2012). The GBAR experiment: Gravitational behaviour of antihydrogen at rest. *Classical and Quantum Gravity*, 29(18), 184008. <https://doi.org/10.1088/0264-9381/29/18/184008>
- [8] Dyachenko, M. M., Miroshnichenko, V. I., & Kholodov, R. I. (2012). Electric susceptibility of magnetized electron plasma considering temperature anisotropy within the framework of quantum field theory. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, (10). ISSN 1025-6415.
- [9] Greenenko, A. A., & Shul'ga, N. F. (2001). About the mechanisms of high-energy charged particle deflection by a bent crystal. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 173(1–2), 178–183. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(00\)00155-5](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(00)00155-5)

Ругаленко С.І.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, e-mail: Stanislav.Ruhalenko@sgt.khpi.edu.ua*

ПЕРША ЛІТНЯ МАТЕМАТИЧНА ШКОЛА В УКРАЇНІ 1963 РОКУ

Анотація. У статті розглянуто історію проведення першої в Україні літньої математичної школи, що відбулася у 1963 році та стала важливою подією в розвитку математичної освіти і науки. На основі вивчення архівних документів відтворено склад учасників і наведено прізвища провідних учених-математиків, які читали спеціальні курси. Доведено, що перший досвід проведення літньої математичної школи був успішним.

Abstract. Abstract. The article explores the history of the first summer mathematics school held in Ukraine in 1963, which became a significant event in mathematical education and science development. Based on the study of archival documents, the composition of participants is reconstructed, and the names of leading mathematicians who delivered special lectures are presented. It is demonstrated that the first experience of organizing a summer mathematics school was entirely successful.

Ключові слова: математика, інформаційні технології, кібернетика, програмне забезпечення, Інститут математик, Інститут кібернетики, Академія наук УРСР

Keywords: mathematics, information technologies, cybernetics, software, Institute of Mathematics, Institute of Cybernetics, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.

Визначні досягнення науково-технічного прогресу після Другої світової війни в Україні відбувалися у галузі кібернетики, осередком якої став Київ. Успіхи в комп'ютеризації та розвитку інформаційних технологій були безпосередньо пов'язані з діяльністю українських учених-математиків. Саме в Києві було створено першу в континентальній Європі електронну обчислювальну машину МЕСМ (1952), засновано Обчислювальний центр АН УРСР (1957) та Інститут кібернетики АН УРСР (1962).

У зв'язку з розробкою нових ЕОМ різко зросла потреба в спеціалістах з розроблення програмного забезпечення, а також у методах оптимального керування в умовах невизначеності із застосуванням теорії ймовірностей для вирішення задач прийняття оптимальних рішень. На той час наукових монографій, присвячених математичним аспектам експлуатації ЕОМ, майже не існувало. Корисну інформацію доводилося шукати у поодиноких публікаціях на сторінках наукових видань. Важливу роль відігравав безпосередній контакт із колегами з інших наукових установ, тому організація літніх математичних шкіл стала знаковою подією в історії розвитку математичної освіти та науки.

З метою поглиблення знань та об'єднання молодих математиків і студентів, які працюють у різних галузях математики, за ініціативою директора Інституту математики АН УРСР (1958–1988 рр.), академіка Ю. О. Митропольського, в Україні розпочали роботу літні математичні школи. До участі в них запрошували найбільш обдаровану молодь з різних куточків країни.

Літні школи як форма наукової комунікації між ученими вже мали традицію в Європі. Зокрема, у Франції з 1951 року щорічно проводилися літні школи з теоретичної фізики, а трохи згодом літні математичні школи почали діяти в Італії. Подібні літні фізичні школи, присвячені теорії елементарних частинок, були також започатковані в Академії наук Вірменської РСР [1].

Перша літня математична школа в Україні відбулася поблизу Києва, у стародавньому місті Каневі Черкаської області, у готелі «Тарасова Гора» на

схилах Дніпра в межах Шевченківського національного заповідника. Вона проходила з 15 червня по 15 липня 1963 року. Школа була організована Президією АН УРСР спільно з Інститутом математики АН УРСР. Місячна тривалість школи дозволила читати спеціальні курси та проводити семінарські заняття, охоплюючи широкий спектр тем, зокрема актуальні питання функціонального аналізу, диференціальних рівнянь, прикладної математики та теоретичної фізики.

Для читання спецкурсів та проведення семінарських занять у літній математичній школі були залучені вчені з України та інших республік, які працювали на той час у галузі актуальних питань функціонального аналізу та диференціальних рівнянь. Ці семінари були призначені не лише надати учасникам можливість поглибити свої знання, але й сприяти обміну ідеями та досвідом між молодими математиками і досвідченими науковцями. Усього впродовж місяця було прочитано дев'ять спецкурсів академіком М.М. Боголюбовим, член-кореспондентами АН УРСР М.Г. Крейном та В.А. Марченком, докторами фізико-математичних наук, професорами О.А. Олійником, М.І. Вишиком та І.Т. Тодоровим. Крім читання спецкурсів проводилися семінарські заняття М.М. Боголюбовим, О.А. Ладиженською, М.Г. Крейном, І.Т. Тодоровим та Б.Б. Венковим. Завдяки умовам, створеним співробітниками Каневського державного музею-заповідника «Могила Т.Г. Шевченка» та персоналом готелю, у вечірній час усіма лекторами надавалися консультації з обробки конспектів лекцій та проводилися бесіди на математичні теми у неформальній обстановці. До кожного лектора було прикріплено групу з 2–3 осіб слухачів, які конспектували лекції і потім спільно з лектором обробляли їх так, щоб підготувати до друкування на ротапринті. Загалом було підготовлено до друку лекції з дев'яти спецкурсів загальним обсягом 600 сторінок машинопису.

Слухачами літньої математичної школи були запрошені молоді вчені та кандидати наук, наукова спеціалізація яких відповідала тематиці запланованих спеціальних курсів. Загалом участь у школі взяли 48 осіб із різних наукових центрів та міст. З них 17 осіб представляли Інститут математики АН УРСР, 1 особа – Інститут фізики АН УРСР, 5 осіб – Харківський фізико-технічний інститут низьких температур АН УРСР.

Харківський, Львівський та Бакинський державні університети були представлені 6 учасниками. По 2 особи прибули з Одеського інженерно-будівельного інституту, Інституту математики та Обчислювального центру АН

БРСР, Ташкентського інституту математики, Єреванського інституту фізики, Московського державного університету (МДУ) та Ленінградського відділення математичного інституту імені В. А. Стеклова АН СРСР (ЛОМІ) [2].

Перший досвід проведення літньої математичної школи в Україні був повністю успішним і викликав значний інтерес серед фахівців. Надруковані конспекти лекцій сприяли суттєвому розширенню аудиторії школи. Досвід її проведення засвідчив, що за місяць інтенсивних занять молоді науковці швидко долучилися до кола найактуальніших проблем сучасної науки та змогли обґрунтовано обрати напрями власної наукової діяльності. Показовим є те, що майже всі слухачі школи згодом захистили докторські дисертації. Це стало можливим завдяки створеним умовам для тривалого і невимушеного спілкування з провідними вченими – на відміну від короткотривалого формального обміну під час наукових конференцій.

Успіх першої математичної школи визначив необхідність та доцільність проводити їх кожного року. Але, у зв'язку із святкуванням у 1964 р. в м. Каневі 150-річного ювілею Т.Г. Шевченка, наступна літня математична школа відбулась на базі Інституту фізики моря АН УРСР у селищі Кацівелі на березі моря у Криму, що забезпечило учасникам комфортні умови для навчання та відпочинку.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Смирнов, В. (2011, лютий). Корифей сучасної математики. Академік трьох академій полтавець Юрій Олексійович Митропольський (1917–2008). *Полтава історична*. http://poltavahistory.inf.ua/mans2_11u.html
- [2] Архів Інституту архівознавства НБУВ. Ф. 125. Оп. 2. Спр. 74. Арк. 9–12.

Семеренко В.С., Цюпа А.М., Лук`яненко Е.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: yova.7erenko@gmail.com*

ЧИ ПОВЕРНУТЬСЯ ПАСАЖИРСЬКІ СУДНА НА МАЛІ РІЧКИ УКРАЇНИ?

***Анотація.** Доповідь присвячена історії будівництва та експлуатації пасажирських суден для малих річок України, а також перспективам відновлення таких перевезень. Розглянуто конструктивні особливості суден і*

доцільність їх використання на Десні та інших малих річках. Зазначено, що гребні колеса є найпридатнішими рушіями, а також запропоновано використання модернізованих проєктів пароплавів СБ-14 і СБ-21, збудованих на заводі «Ленінська Кузня» у 1934–1936 роках, які успішно експлуатувалися на річках Десна і Прип'ять.

Abstract. *The report is devoted to the history of construction and operation of passenger vessels for small rivers in Ukraine, as well as the prospects for restoring such transportation. The structural features of these vessels and the feasibility of their use on the Desna and other small rivers are examined. It is noted that paddle wheels are the most suitable propulsion systems, and the use of modernized designs of the SB-14 and SB-21 steamboats, built at the "Leninska Kuznia" shipyard in 1934–1936 and successfully operated on the Desna and Pripjat rivers, is proposed.*

Ключові слова: *Україна, Десна, малі річки, пасажирський річковий флот.*

Keywords: *Ukraine, the Desna, small rivers, passenger river fleet.*

У недалекому минулому люди, відпочиваючи на берегах Дніпра, Десни та інших судноплавних річок України, з неприхованою заздрістю проводжали пасажирські пароплави та теплоходи, що курсували між Києвом та іншими портами на Дніпрі, Десні, Прип'яті, а подекуди й на Дунаї. На борту цих суден пасажери мали змогу користуватися комфортабельними каютами, кінозалами, музичними салонами, ресторанами зі смачною їжею та розважальними програмами, що забезпечувало приємне і змістовне дозвілля під час подорожі.

Особливою популярністю такі мандрівки користувалися серед туристів, адже важко уявити кращий відпочинок, ніж подорожі широким Дніпром — Славутичем — чи його мілководними притоками, насамперед зачарованою Десною, як її називав Олександр Довженко.

Верхів'я Дніпра, а особливо мальовнича Десна, мають великий туристичний потенціал для організації річкових круїзів. Тут розташовано багато історичних і архітектурних пам'яток, які охоче відвідують туристи під час екскурсій до Києва, Чернігова, Остра, Переяслава, Канева та інших міст. Окрім цього, на мальовничих берегах Десни та Дніпра можна облаштовувати так звані «зелені зупинки» для відпочинку туристів.

Десна — колыска українського судноплавства ще з часів Київської Русі. Вона стала однією з перших річок, якою у 1848 році почали курсувати пароплави. Нині, через припинення судноплавства та пов'язаних із ним робіт, що позитивно

впливали на екологічний стан річки (зокрема очищення русла, укріплення берегів тощо), Десна поступово замулюється і ризикує зникнути з мапи України як судноплавна артерія.

Як зазначено у працях [1–2], організація перевезень на малих річках має велике господарське значення. Водночас такі перевезення потребують суден, конструктивно адаптованих до особливостей конкретної річки, що дозволить забезпечити їх ефективне використання як для вантажних, так і для пасажирських перевезень.

Однією з перших вдалих спроб створення таких суден була розробка проєктів і виготовлення буксирних пароплавів (проєкт СБ-20) та вантажно-пасажирських пароплавів (проєкти СБ-14, СБ-21) на київському заводі «Ленінська кузня» (нині – «Кузня на Рибальському») у 1933–1936 роках. Ці судна мали осадку 0,6–0,9 м, ширину 10–12 м, довжину 40–42 м і були призначені для експлуатації у верхів'ях Дніпра, а також на Десні та Прип'яті. Серед них найкращі експлуатаційні характеристики продемонстрували пасажирські пароплави проєкту СБ-14 (рис. 1), які здійснювали перевезення пасажирів, зокрема на лінії Київ–Чернігів, як у довоєнні, так і в післявоєнні роки [2].



Рис. 1.

Як же можливо відродити пасажирські перевезення на малих річках України? На нашу думку, одним із найбільш економічно доцільних варіантів будівництва суден для таких умов є використання модернізованих проєктів СБ-14 та СБ-21 – суден, що експлуатувалися на малих річках України протягом майже 50 років.

Насамперед, доцільно запозичити з цих проєктів конструкцію корпусу з гребними колесами, які, за оцінками фахівців, є найпридатнішими для експлуатації в умовах малих глибин. Варто зауважити, що саме гребні колеса використовуються як рушії на сучасних туристичних суднах, зокрема на річках

Луара (Франція) та Рейн (Німеччина). Прикладом такого судна є «Принцеса Луара», зображена на рис. 2.

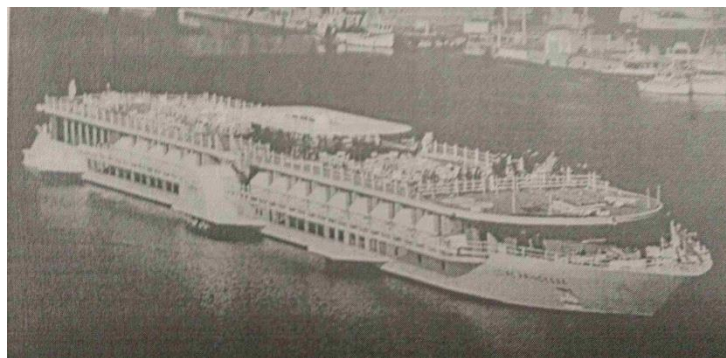


Рис.2

Силовими установками для суден такого типу можуть слугувати як парові машини (зокрема, розроблена в післявоєнні роки на київському заводі «Ленінська кузня» парова машина ПМ-5 потужністю 200 к.с.), так і два дизельні двигуни зі спеціально спроектованими редукторами. Вибір оптимального типу силової установки потребує окремого інженерного дослідження, з урахуванням умов експлуатації та особливостей конструкції суден.

При цьому слід враховувати, що у разі використання гребних коліс як рушіїв найзручнішою з технологічної точки зору є саме парова машина, оскільки вона може бути безпосередньо з'єднана з валом коліс. Натомість дизельні двигуни потребують застосування редукторної передачі, що ускладнює машинну установку.

До переваг парової машини належать можливість використання різних видів палива – твердого, мазуту, нафтових залишків, а також здатність працювати з тривалим перевантаженням до 60 %, простота обслуговування і тривалий ресурс роботи до капітального ремонту. Важливою характеристикою є також стабільно високий коефіцієнт корисної дії в широкому діапазоні потужностей [2].

Водночас дизельні двигуни мають значно вищу загальну ефективність та менші габарити, що дозволяє скоротити площу машинного відділення і забезпечити кращу компоновку судна.

Крім заміни силової установки, допоміжних механізмів і навігаційного обладнання, обов'язковим є також нове планування пасажирських кают та інших приміщень судна, в яких мають бути передбачені системи клімат-контролю. Для підвищення комфортабельності при здійсненні туристичних перевезень, крім

збільшення розмірів та поліпшення обладнання пасажирських кают, необхідна наявність ресторану, бару, музичного салону, кіоску товарів першої необхідності.

Можливі плани трюму, головної та верхньої палуб туристичного судна, створеного на базі корпусу і гребних коліс проекту СБ-14, показані наприклад у роботі [3].

Мету даної роботи – ми бачимо у приверненні уваги громадськості до необхідності відновлення пасажирського судноплавства на мальовничих малих річках України.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Засс, В. М. (1938). *Основи технічної експлуатації флоту на малих річках*. Київ: Видавництво АН УРСР.
- [2] Цюпа, А. М. (2018). Пароплави Дніпровського флоту від давнини до сучасності. *Дослідження з історії техніки*, (24), 10–14. Київ: НТУУ «КПІ».
- [3] Цюпа, А. М. (2019). Пасажирські перевезення на малих річках України – історія, сучасність та можливі перспективи. *Дослідження з історії техніки*, (25), 4–6. Київ: НТУУ «КПІ».

Яцуненко В.П., Русаков В.Ф.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: v20viktor04r.yats@gmail.com*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДПРОВІДНОСТІ: ВІД ВІДКРИТТЯ ДО СУЧАСНОСТІ

Анотація. В роботі проаналізовано еволюцію фізики надпровідності від відкриття явища до сучасного стану. Акцентовано увагу на основних досягненнях, які привели до розуміння природи явища і можливості його використання як у наукових дослідженнях, так і практичному застосуванні.

Abstract. The paper analyzes superconductivity physics's evolution from the phenomenon's discovery to its current state. The main achievements that led to the understanding of the nature of the phenomenon and the possibility of its use in both scientific research and practical application are emphasized.

Ключові слова: *низькі температури, надпровідність, надпровідник, змішаний стан надпровідника, критичне магнітне поле, критичний струм.*

Keywords: *low temperatures, superconductivity, superconductor, mixed state of superconductor, critical magnetic field, critical current.*

У сучасних умовах на Землі виробляється приблизно 29165,1 ТВт·г електроенергії, за оцінками 63% первинної енергії, що використовується для її вироблення втрачається до моменту надходження до споживача.

У 2021 році в індустріальній Україні вироблялось 155,5 ТВт·г і вона посідала 35 місце у світі. Втрати при передачі, накопиченні, трансформації та використанні електроенергії розподіляються приблизно наступним чином: лінії та кабелі електропередачі: $\geq 10 - 12 \%$; трансформатори: $\sim 30\%$; електропривід $\geq 30 - 35\%$ [1]. Застосування надпровідників дасть можливість, за оцінками, звести втрати до 1-2%, що еквівалентно заощадженню енергії від кількох потужних атомних електростанцій. З цього прикладу видно, яку важливу роль відіграє перспектива застосування надпровідників.

У 2021 році в індустріальній Україні було вироблено 155,5 ТВт·год електроенергії, що забезпечило їй 35-те місце у світовому рейтингу. Втрати електроенергії при її передачі, накопиченні, трансформації та споживанні розподіляються приблизно так: на лінії та кабелі електропередачі припадає близько 10–12 %, на трансформатори – орієнтовно 30 %, на електроприводи – понад 30–35 % [1].

Застосування надпровідних матеріалів, за оцінками, дозволить зменшити сумарні втрати до 1–2 %, що еквівалентно економії електроенергії, виробленої кількома потужними атомними електростанціями. Цей приклад яскраво ілюструє важливість перспектив використання надпровідників.

Явище надпровідності, тобто повне зникнення електричного опору у матеріалів за певних умов, було відкрито у 1911 році голландським фізиком Гейке Камерлінг-Оннесом [2]. У 1908 році він вперше у світі отримав рідкий гелій, створивши передову на той час лабораторію кріогенних досліджень. У 1911 році Камерлінг-Оннес виявив, що при температурі $T = 4,15 \text{ K}$ електричний опір ртуті миттєво падає до нуля. Це явище було назване надпровідністю, а відповідні матеріали – надпровідниками.

Оцінки показують, що питомий опір металу в надпровідному стані не перевищує $10^{-23} \text{ Ом} \cdot \text{см}$, за таких умов електричний струм у надпровідному кільці

може існувати близько 10^5 років без згасання. Температура переходу у надпровідний стан називається критичною температурою (T_c).

Згодом було встановлено, що не всі провідники демонструють надпровідні властивості. Важливість цього відкриття була визнана світовою науковою спільнотою: у 1913 році Гейке Камерлінг-Оннес отримав Нобелівську премію з фізики.

При дослідженні надпровідників з'ясувалось, що вони мають цікаві фізичні властивості, а саме: магнітне поле, до певної величини напруженості не проникає у надпровідник, і навіть якщо охолоджувати зразок у магнітному полі, після переходу у надпровідний стан магнітне поле виштовхується зі зразка. Цей ефект був відкритий В. Мейснером і Р. Оксенфельдом у 1933 році. Надпровідність у магнітному полі зберігається, якщо напруженість поля не перевищує певного значення, яке називається критичним магнітним полем – H_c . За рахунок цього ефекту спостерігається явище левітації. (Магніт ширяє над надпровідником, або навпаки). Крім того було з'ясовано, що коли струм, що протікає по надпровіднику перевищує певне значення (воно називається критичним струмом – J_c), надпровідний стан також руйнується – ефект Сілсбі.

У 1937 році співробітник Українського фізико-технічного інституту (УФТІ, м. Харків) Л. В. Шубніков під час дослідження надпровідних властивостей сполук, зокрема $PbBi$ і $PbTl_2$, відкрив новий стан надпровідних матеріалів – так званий змішаний стан, який згодом отримав назву фаза Шубнікова [3]. Це явище полягає в тому, що при досягненні певного значення напруженості магнітного поля (першого критичного поля H_{c1}) магнітне поле починає проникати в надпровідник, однак надпровідний стан зберігається до досягнення другого критичного поля H_{c2} , після чого він руйнується.

Подальші дослідження показали, що такі матеріали належать до іншого типу надпровідників. Надпровідники першого роду — це, як правило, чисті метали (за винятком ванадію та ніобію), тоді як до надпровідників другого роду належать ванадій (V), ніобій (Nb) та більшість надпровідних сплавів. Вони характеризуються високими значеннями H_{c2} , що зумовило їх широке застосування в техніці.

У 1962 році Браян Джозефсон теоретично передбачив можливість проходження струму через контакт типу надпровідник–діелектрик–надпровідник. Це явище отримало назву ефект Джозефсона, а сам учений був удостоєний Нобелівської премії з фізики у 1973 році.

Значний внесок у дослідження ефекту Джозефсона зробили українські фізики: академіки І. К. Янсон, І. М. Дмитренко та професор В. М. Свистунов, які першими спостерігали джозефсонівську НВЧ-генерацію – нестаціонарний ефект Джозефсона.

Великі зусилля науковців були спрямовані на підвищення критичної температури, оскільки використання надпровідників за гелієвих температур було нерентабельним. Тим не менш до 1985 р. найвища критична температура, яка була отримана становила 23,2 К у Nb_3Ge . Найбільш технологічним надпровідником був Nb-Ti50% з $T_c \approx 10$ К.

Значні зусилля науковців були спрямовані на підвищення критичної температури надпровідного переходу, оскільки експлуатація надпровідників за температур гелію є економічно не вигідною. Проте до 1985 року найвища досягнута критична температура становила лише 23,2 К у сполуці Nb_3Ge . Найбільш технологічно зручним надпровідником тривалий час залишалася сплавна система Nb–Ti (50 %), з критичною температурою $T_c \approx 10$ К.

Історично як умовну межу між високотемпературними (ВТНП) та низькотемпературними надпровідниками (НТНП) прийнято критичну температуру 30 К. Першу ВТНП-сполуку було відкрито у 1986 році К. Мюллером і Г. Беднорцем — це був оксид $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ з $T_c = 35$ К, за що дослідники отримали Нобелівську премію з фізики у 1987 році.

У 1987 році тими ж авторами було відкрито надпровідник $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ з $T_c = 92$ К – перший матеріал, критична температура якого перевищила температуру кипіння рідкого азоту за нормального атмосферного тиску. На сьогодні найвища T_c за нормального тиску становить 133 К у ртутній кераміці HgBaCaCuO . Однак, навіть ця температура все ще значно нижча за прагнуту мету – надпровідність за кімнатних умов.

Основні сфери застосування надпровідників включають створення потужних магнітів, електронних приладів на основі ефекту Джозефсона, систем магнітної левітації та надпровідних електродвигунів.

Зокрема, на основі ефекту Джозефсона були створені СКВІДи (SQUID – Superconducting Quantum Interference Devices), тобто надпровідні квантові інтерферометри, які відзначаються надзвичайно високою чутливістю до слабких магнітних полів. Завдяки цій властивості СКВІДи знайшли широке застосування в медицині (наприклад, у ядерно-магнітному резонансі – ЯМР-томографах), а також в інших галузях науки і техніки.

Магнітна левітація, яка реалізується завдяки надпровідності, використовується при створенні потягів на магнітній подушці (технологія MAGLEV). Використання надпровідних елементів в електродвигунах дозволяє значно зменшити їх масу при збереженні високої потужності та ефективності. Пошуки надпровідників з високою критичною температурою продовжуються. Значного розвитку набули дослідження надпровідних тонких плівок, які демонструють перспективні результати. Однак у цій галузі виникають складнощі, пов'язані з необхідністю досягнення надвисоких тисків у мільйони атмосфер для реалізації надпровідного стану, що істотно ускладнює їх технічне застосування. Як приклад можна навести відкритий у 2019 році гідрид лантану LaH_{10} з критичною температурою $T_c \approx 250 \text{ K}$ при тиску близько 170 ГПа.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Втрати електроенергії. (n.d.). *Bikinedia*. https://uk.wikipedia.org/wiki/Втрати_електроенергії
- [2] Kamerlingh Onnes, H. (1911). *Communications Leiden*, 81, 81–83.
- [3] Шубников, Л. В., Хоткевич, В. І., Шепелев, Ю. Д., & Рябінін, Ю. М. (1937). Магнитные свойства сверхпроводящих металлов и сплавов. *Журнал экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ)*, 7(2), 221–237.

РОЗДІЛ III ФІЗИКА ТА СУЧАСНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СВІТ

Бігун О.П.¹, Снівак О.А.¹, Козленко О.В.,^{1, 2} Климук О.С.²

¹*Політехнічний ліцей НТУУ «КПІ» імені Ігоря Сікорського, Берестейський проспект, 37, Київ, email: becoolin7@gmail.com*

²*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ, email: ovkozlenko@gmail.com*

МІНІ-МОДЕЛЬ ПОЇЗДА НА МАГНІТНІЙ ПОДУШЦІ

Анотація. У межах дослідження створено міні-модель поїзда, що є вдосконалим варіантом уже існуючих маглев-систем. Запропонована конструкція дозволяє знизити тертя між компонентами поїзда та зменшити рівень шуму під час руху. Макет наочно демонструє потенціал використання магнітної левітації у транспортних системах майбутнього.

Abstract. As part of the research, a mini-model of a train was developed, representing an improved version of existing maglev systems. The proposed design reduces friction between the train components and lowers noise levels during movement. The model clearly demonstrates the potential of using magnetic levitation in future transportation systems.

Ключові слова: взаємодія магнітних полів, теорема Ірншоу, магнітна ловушка, магнітна подушка, магнітна левітація, магнітний підвіс.

Keywords: interaction of magnetic fields, Earnshaw's theorem, magnetic trap, magnetic cushion, magnetic levitation, magnetic suspension.

У сучасних мегаполісах значна частина населення користується громадським транспортом — метрополітеном, трамваями тощо. Ці системи зазвичай працюють за рахунок взаємодії коліс і рейок, що супроводжується значним тертям, підвищеним зношуванням механізмів і високим рівнем шуму. Це знижує ефективність експлуатації таких видів транспорту та потребує технологічного вдосконалення [1–5].

У ході запропонованого проекту було вивчено властивості магнітних полів та особливості їх взаємодії. На основі аналізу роботи існуючих поїздів на магнітній подушці (маглевів) було запропоновано власний підхід до створення прототипу, який дозволяє поїзду переміщуватись тунелем без фізичного контакту з його основою або стінками. Це стало можливим завдяки використанню сили відштовхування між постійними магнітами, які утворюють магнітну подушку та забезпечують стабільність руху.

Конструкція поїзда має трикутну форму, на кожній стороні якого прикріплено по шість магнітів. Для стабілізації та візуалізації правильного положення поїзда по обидва боки його кінців встановлено рівнобічні трапеції. Це рішення допомагає утримати модель в повітрі, оскільки навіть незначне відхилення від симетрії призводить до втрати рівноваги.

Сама установка виготовлена з дерев'яних елементів і немагнітних пластин, зігнутих під кутом 35° . Пластини кріпляться до дерев'яних брусків і містять по п'ять магнітів на кожній стороні. Така конфігурація створює «магнітну пастку», яка утримує поїзд у межах конструкції та запобігає його зіткненню зі стінками під час руху. Два потужні неодимові магніти у формі прямокутних паралелепіпедів розміщені знизу установки і утворюють основну магнітну подушку, піднімаючи поїзд на висоту до 50 мм.

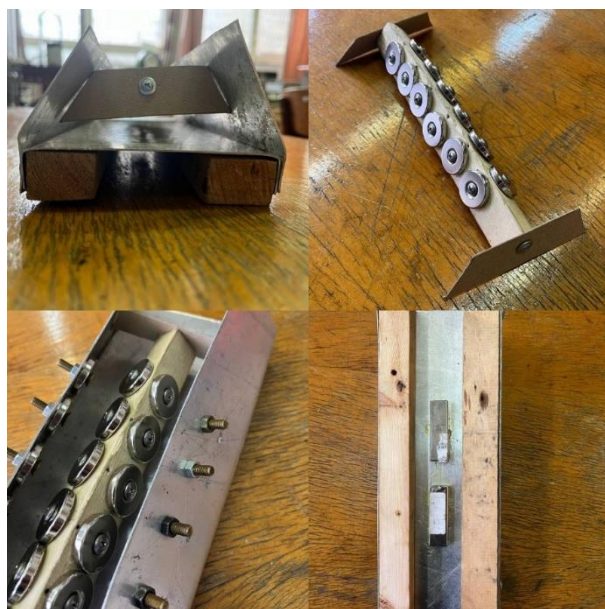


Рис.1 Макет міні-моделі поїзда на магнітній подушці

Після створення макета було здійснено розрахунки, які дозволяють оцінити параметри аналогічної системи в реальних масштабах. Наприклад, для

підняття вагона масою 62 т (з яких 30 т — пасажери) потрібна притискна сила магнітів у 15 500 кН, тоді як загальна сила магнітів, розміщених на корпусі поїзда, має становити приблизно 67 500 кН.

Представлена модель є практичним підтвердженням ефективності використання магнітних полів у транспорті. Вона наочно демонструє, що застосування магнітної левітації здатне значно зменшити тертя, знос і шум, тим самим відкриваючи нові горизонти для створення екологічного, безпечного та енергоефективного транспорту. Результати роботи повністю підтверджують гіпотезу щодо перспективності магнітів у вдосконаленні систем пересування, і можуть знайти практичне застосування у сфері розвитку іської мобільності та екології.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Central Japan Railway Company. (n.d.). *About the vehicle. SCMAGLEV.*
<https://scmaglev.jp-central-global.com/about/design/>
- [2] Lee, H.-W., Kim, K.-C., & Lee, J. (2006). Review of maglev train technologies. *IEEE Transactions on Magnetics*, 42(7), 1917–1925.
<https://doi.org/10.1109/TMAG.2006.875842>
- [3] Гаврилюк, В. В., Козленко, О. В., Климук, О. С., & Свердліченко, Д. Ю. (2020). Розробка способу стабілізації об'єкта, що піддається магнітній левітації, у горизонтальній площині. *Молодий вчений*, 5(81), 111–113.
<https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-5-81-24>
- [4] MagneticClear. (n.d.). *Як працює магнітна пастка.*
<https://ua.magneticclear.com/info/how-does-a-magnetic-trap-work-88378271.html>
- [5] SKF. (n.d.). *Магнітні підшипники й системи.*
<https://www.skf.com/ua/products/magnetic-bearings-and-systems>

Борсук В.В., Снарський А.О., Подласов С.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: a.snarskii@gmail.com*

ЕФЕКТИВНА ПРОВІДНІСТЬ НА ПОРОЗІ ПРОТІКАННЯ

Анотація. У роботі розглядається задача визначення межі перколяційного переходу в квадратній двофазній решітці, що складається з

металевих і діелектричних елементів, тобто таку мінімальну концентрацію металевих частин в решітці, при якій буде можливим протікання струму крізь усю решітку. Доведено, що критична концентрація провідної фази становить $p_c = 0,5$. Використовується метод, запропонований А. М. Дихне, який дозволяє отримати аналітичний вираз для ефективної провідності системи, в даному випадку в двофазній квадратній решітці.

Abstract. The paper deals with the problem of determining the percolation transition limit in a square two-phase lattice consisting of metallic and dielectric elements, the minimum concentration of metal parts in the grid at which it is possible to pass current through the entire grid. It is proved that the critical concentration of the conducting phase is $p_c = 0,5$. The method proposed by A.M. Dykhne is used to obtain an analytical expression for the effective conductivity of the system, in this case, in a two-phase square lattice.

Ключові слова: перколяційний перехід, квадратна решітка, ефективна провідність, критична концентрація, метод Дихне, фазовий перехід, неоднорідні середовища.

Keywords: percolation transition, square lattice, effective conductivity, critical concentration, Dykhne method, phase transition, inhomogeneous media.

Перколяційний перехід – це перехід, пов’язаний зі зміною зв’язності у системі. Перколяційні переходи досліджуються у фізиці, хімії, теорії складних мереж та інших галузях науки. Як і в теорії фазових переходів другого роду, більшість результатів у цій тематиці отримуються методами комп’ютерного моделювання. Лише поодинокі випадки дозволяють отримати точні аналітичні розв’язки, які мають особливу цінність, адже дають змогу перевірити точність і коректність чисельних розрахунків.

Один із таких рідкісних аналітичних результатів належить академіку А.М. Дихне, випускнику КПІ [1]. Він запропонував перетворення полів струму у двофазному провідному середовищі, що ґрунтується на симетрії: якщо фази мають різну питому провідність, але розташовані так, що їх взаємна заміна не впливає на ефективну провідність середовища, то можна точно визначити її значення.

Розв’язок Дихне для симетричної випадкової суміші

Однією із класичних моделей такого типу є двовимірне двофазне випадкове середовище, що складається з металевих та діелектричних елементів. Дихне отримав точний вираз для ефективної провідності такого середовища [2].

У цьому випадку межу провідності можна вважати $p_c = 0,5$ (частка металевих елементів в решітці). Рівняння Максвелла та матеріальні рівняння для постійних струмів і поля приймають вигляд:

$$\begin{aligned} J &= \sigma E, \\ \operatorname{rot} E &= 0, \operatorname{div} J = 0, \end{aligned}$$

де σ – провідність, яка є випадковою функцією координат (x, y) , яка приймає два значення σ_1 або σ_2 . Дихне вивів точний вираз для ефективної провідності:

$$\sigma_{ff} = \sqrt{\sigma_1 \sigma_2},$$

де ефективна провідність σ_{ff} це скаляр, оскільки система вважається ізотропною. Нас цікавить зв'язок між середньою густиною струму $\langle \vec{J} \rangle$ та середньою напруженістю електричного поля $\langle \vec{E} \rangle$. У провідному двовимірному двофазному середовищі справедливий закон Ома:

$$\langle J(r) \rangle = \sigma_{ff} \langle E(r) \rangle.$$

У випадкових двовимірних двофазних середовищах можливі симетричні заміни двох фаз, тобто $\sigma_1 \Leftrightarrow \sigma_2$, випадком лише може бути $\sigma_1/\sigma_2 \rightarrow \infty$, [2] справедливим буде закон Ома і після цієї симетрії:

$$\begin{aligned} \mathbf{j}' &= \sqrt{\sigma_1 \sigma_2} [n \times \mathbf{E}], \\ \mathbf{E}' &= \frac{1}{\sqrt{\sigma_1 \sigma_2}} [n \times \mathbf{j}], \end{aligned}$$

де n -одичний вектор, отогональний до площини XY . Звичайно можливі зворотні перетворення, і, підставляючи в початкові формули, отримаємо:

$$\begin{aligned} \mathbf{j}' &= \sigma' \mathbf{E}', \\ \operatorname{rot} \mathbf{E}' &= 0, \operatorname{div} \mathbf{j}' = 0, \end{aligned}$$

$$\text{де } \sigma' = \frac{\sigma_1 \sigma_2}{\sigma}.$$

Ці системи повністю еквівалентні із заміною функції σ на функцію σ' . Випадкова функція σ' приймає однакові два значення σ_1 і σ_2 , з тією лише різницею, що він приймає значення σ_1 в типу 2, тобто в тих місцях, де функція приймає значення σ_2 , і навпаки. Функція σ' приймає значення σ_2 , де функція σ приймає значення σ_1 . Оскільки ми припускали, що ці напрямки статистично еквівалентні, то система після усереднення повинна давати той же самий вираз закону Ома, що для початкової системи [1]:

$$\langle J' \rangle = \sigma_{ff} \langle E' \rangle,$$

то

$$\langle J' \rangle = \sqrt{\sigma_1 \sigma_2} [n \times \langle E \rangle] = \sigma_{ff} \langle E' \rangle = \frac{\sigma_{ff}}{\sqrt{\sigma_1 \sigma_2}} [n \times \langle J \rangle] = \frac{\sigma_{ff}^2}{\sqrt{\sigma_1 \sigma_2}} [n \times \langle E \rangle].$$

або ж

$$\sigma_{ff} = \sqrt{\sigma_1 \sigma_2}$$

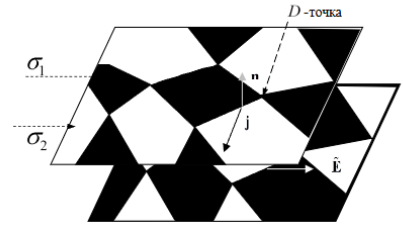
Використовуючи цей підхід, можна визначити поріг протікання для таких систем.

Розглянемо трьохфазну систему, де перша і друга фази мають провідності $\sigma = \sigma_1$ і $\sigma = \sigma_2$, а третя $\sigma_{ff} = \sqrt{\sigma_1 \sigma_2}$. Якщо площі фаз 1 і 2 рівні, ефективна провідність системи теж дорівнює $\sqrt{\sigma_1 \sigma_2}$.

У граничному випадку, коли σ_1 зростає до нескінченності, а σ_2 прямує до нуля, система переходить у двофазний стан. Якщо сумарна площа провідної фази перевищує 0.5, вся система стає провідною. Якщо ж добуток $\sigma_1 \sigma_2$ прямує до нуля, а концентрація провідної фази менша за 0.5, то система не проводить. Отже, критична концентрація $p_c = 0,5$ [2].

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Snarskii, A. A. (2004). Effective conductivity of 2D macroscopic heterogeneous self-dual media. *Laser Physics*, 14(3), 337–343.
- [2] Снарський, А., Іванова, І., & Федотов, В. (2024). *Основи теорії неупорядкованих середовищ* (с. 75–85). КПІ.



Горобець О.Ю., Куліш В.В., Єрьомін С.І.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email:gorobets.oksana@gmail.com*

DEVELOPMENT OF THEORETICAL RESEARCH ON MAGNON– PLASMON–POLARITONS WORLDWIDE

Анотація. Проаналізовано етапи розвитку концепції магнон-плазмонних поляритонів (МПП) у світовій науці, визначення ключових теоретичних та експериментальних досягнень і оцінка потенціалу цих збуджень у сучасних фотонних та квантових технологіях. Висвітлено історію досліджень поверхневих плазмон-поляритонів, та становлення магноніки, що у поєднанні сформувало основу для появи МПП. Отримано результати, що свідчать про зростання міждисциплінарного інтересу до цих збуджень з огляду на їх перспективи у мініатюризації, керованості та енергоефективності високочастотних пристроїв.

Abstract. The stages of development of the concept of magnon-plasmon polaritons (MPPs) in global science have been analyzed, including the identification of foundational theoretical and experimental works and the assessment of their potential use in emerging photonic and quantum systems. The history of research on surface plasmon polaritons and spin waves as the building blocks of MPPs has also been reviewed. The results indicate a growing interdisciplinary interest in MPPs, driven by the demand for compact, tunable, and energy-efficient high-frequency components.

Ключові слова: *поверхнева хвиля, магнон-плазмонний поляритон, динаміка намагнічування, колективне електронне збудження, спінова хвиля, магнон, плазмон, гібридна хвиля, ферромагнетик.*

Keywords: *surface wave, magnon-plasmon polariton, magnetization dynamics, collective electron excitation, spin wave, magnon, plasmon, hybrid wave, ferromagnet.*

Magnon-plasmon polaritons (MPPs) are quanta of hybrid waves that arise from electromagnetic waves' interaction with free electron oscillations in metals and magnetostatic modes in magneto-plasmonic structures. MPPs exhibit advantageous properties such as non-reciprocity, low-loss propagation, and strong field localization, making them excellent candidates for THz-range applications. In particular, MPPs in

layered and structural materials are promising for next-generation quantum devices, sensors, and reconfigurable circuits.

This report aims to review key milestones in the development of MPPs, identify landmark theoretical and experimental breakthroughs, and evaluate their potential in modern photonic and quantum technologies.

The study of surface electromagnetic waves (SEWs) has a long and rich history, beginning with the pioneering work of Sommerfeld [1] and Zenneck [2], who described the propagation of waves along conducting interfaces. These foundational studies led to the emergence of surface plasmon polaritons (SPPs), resulting from the coupling between electromagnetic fields and free electron oscillations at metal-dielectric boundaries. Over the decades, SPPs became essential for nanophotonics, biosensing, and optical circuitry due to their strong field confinement and spectral tunability.

In parallel, another field – magnonics – gained traction. Initiated by Bloch’s theory of spin waves in 1930 [3] and reinforced by experimental evidence in the 1960s [4], magnonics explores the collective excitations of spin in magnetically ordered media. Spin waves and their quanta, magnons, offer low-energy information transport mechanisms, inspiring new generations of logic and memory devices.

The convergence of plasmonics and magnonics has led to the recent development of magnon-plasmon polaritons (MPPs) – a novel class of hybrid excitations combining charge and spin dynamics through electromagnetic coupling. While the theoretical foundation for hybrid polaritons was laid in the 1970s by Mills and Burstein [5], the MPP concept gained significant attention in the last decade [6] with the advancement of magneto-plasmonic structures.

The aim of the report - to review key milestones in developing MPPs, identify landmark theoretical and experimental breakthroughs, and evaluate their potential in modern photonic and quantum technologies – has been reached. The findings underscore a growing interdisciplinary interest in MPPs, driven by the need for miniaturized, tunable, and energy-efficient high-frequency devices.

REFERENCES

- [1] Sommerfeld, A. (1899). Ueber die Fortpflanzung elektrodynamischer Wellen längs eines Drahtes. *Annalen der Physik*, 2(3), 233–290. <https://doi.org/10.1002/andp.18993030202>
- [2] Zenneck, J. (1907). Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie. *Annalen der Physik*, 1(8), 846–866. <https://doi.org/10.1002/andp.19073281003>

- [3] Bloch, F. (1930). Zur Theorie des Ferromagnetismus. *Zeitschrift für Physik*, 61(3–4), 206–219.
- [4] Damon, R. W., & Van de Vaart, H. J. (1965). Propagation of magnetostatic spin waves at microwave frequencies in normally magnetized disk. *Journal of Applied Physics*, 36(10), 3453–3459.
- [5] Mills, D. L., & Burstein, E. (1974). Polaritons: The electromagnetic modes of media. *Reports on Progress in Physics*, 37(7), 817–926. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/37/7/001>
- [6] Li, Y., Zhang, W., Tyberkevych, V., Kwok, W. K., Hoffmann, A., & Novosad, V. (2020). Hybrid magnonics: Physics, circuits, and applications for coherent information processing. *Journal of Applied Physics*, 128(13). <https://doi.org/10.1063/5.0025845>

Грудінін Д.Ю., Поліщук А.О., Яцуненко В.П., Іванова І.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,

email: dmygryk@gmail.com

СУЧАСНІ ДЕТЕКТОРИ РАДІАЦІЇ: ПРИНЦИП ДІЇ ТА ПРИКЛАДИ ДЕТЕКТОРІВ

Анотація. В роботі розглядаються методи детекції іонізуючого випромінювання та типи радіаційних детекторів. Зокрема, розглянуто напівпровідникові, сцинтиляційні та черенковські детектори. Приділено увагу фізичним принципам, на яких працюють радіаційні детектори.

Abstract. This paper investigates the methods for ionizing radiation detection and the types of radiation detectors. In particular, semiconductor, scintillation, and Cherenkov detectors are considered. The physical principles on which the ionizing radiation detectors work are highlighted.

Ключові слова: іонізуюче випромінювання, радіація, детектор іонізуючого випромінювання, напівпровідниковий детектор, сцинтиляційний детектор, черенковський детектор.

Keywords: ionizing radiation, ionizing radiation detector, semiconductor detector, scintillation detector, Cherenkov detector.

Детектування іонізуючого випромінювання є актуальною проблемою як в науці, так і в техніці, з огляду на розвиток фізики ядра і елементарних частинок; використання ядерних реакторів, де потрібно моніторити радіаційний фон тощо [1]. Мета даної роботи – огляд основних принципів реєстрації радіації, та розгляд декількох типів детекторів радіації.

Іонізуюче випромінювання можна зареєструвати лише за рахунок його взаємодії з речовиною [2]. Його можна поділити на дві групи: заряджені і незаряджені частинки. Заряджені частинки взаємодіють з речовиною переважно через кулонівські сили, внаслідок чого відбувається її іонізація під час проходження частинки. Натомість незаряджені частинки мають значно меншу ймовірність взаємодії з матеріалом, і тому їх кількість при проникненні в речовину зменшується експоненційно [2]. У процесі проходження крізь речовину частинки або взаємодіють із нею, повністю чи частково передаючи свою енергію електронам або ядрам, або не залишають помітного впливу, проходячи крізь матеріал без взаємодії [3]. На основі цих фізичних процесів працюють радіаційні детектори: для заряджених частинок це, як правило, іонізація або збудження атомів у середовищі детектора, гальмівне випромінювання, черенковське та перехідне випромінювання, при яких реєструються фотони. Для незаряджених частинок важливу роль відіграють процеси розсіяння та поглинання фотонів, ядерні реакції між адронами та ядрами речовини детектора, а також слабка взаємодія, що, зокрема, лежить в основі детектування нейтрино [1, 2].

Для аналізу основних характеристик детектора необов'язково знати точні фізичні процеси, що відбуваються всередині нього. Достатньо розглядати його як пристрій, який на вхід отримує частинки, а на виході видає сигнали [4]. Властивості детектора можна описати функцією відгуку $G(E; t; V; t')$, яка визначає густину імовірності появи в детекторі сигналу з амплітудою V в час t' , якщо в час t в детектор потрапила частинка з енергією E . Інтеграл від $G(E; V)$ по dV дасть сумарну густину імовірності появи сигналу. Відношення сигналів, що з'являться, до знайденої величини дасть число частинок, що потрапили в детектор [4].

Напівпровідниковий детектор складається з катода, анода та напівпровідника між ними. В першому наближенні це іонізаційна камера із твердим діелектриком між електродами [4]. При дії на детектор радіації з'являються носії заряду, які збираються на електродах унаслідок дії зовнішнього електричного поля. Утворений при цьому струм дозволяє реєструвати іонізуюче випромінювання [4].

Сцинтиляційний детектор складається із ФЕП (фотоелектронного помножувача) та сцинтилятора (матеріалу, що під дією радіації починає випускати фотони видимої або ультрафіолетової частини спектра) [4,5]. ФЕП перетворює світло від сцинтилятора на електричний імпульс: фотони потрапляють на фотокатод ФЕП, з якого завдяки фотоефекту вибиваються електрони. Зовнішнє електричне поле фокусує електрони на систему динодів, на яких відбувається вторинна електрона емісія, внаслідок якої на анод в кінці надходить на кілька порядків більше електронів. Електричний струм далі реєструється схемами, фіксує появу радіації [4].

Черенковські лічильники детектують черенковське випромінювання – фотони, які випромінюються швидкими зарядженими частинками, що рухаються у оптично прозорому діелектрику зі швидкістю, яка перевищує швидкість світла в цьому діелектрику [2]. Якщо частинка з імпульсом p має масу m , то існує деяке порогове значення імпульсу p_{th} (черенковський поріг), таке, що якщо $p < p_{th}$, то черенковське випромінювання не виникає [4]: $p_{th} = \frac{mc^2}{\sqrt{n^2-1}}$, де n – показник заломлення середовища. Тож якщо відомий p , то можна підібрати середовище з таким n , щоб ловити лише частинки, які є достатньо легкими, щоб їхня швидкість (імпульс) перевищувала черенковський поріг [2]. При цьому їхній імпульс можна одночасно вимірювати за допомогою викривлень у магнітному полі. Це дозволяє розрізняти види частинок і вимірювати їхню енергію [2].

У найпростішому черенковському пороговому лічильнику заряджена частинка входить в середовище-діелектрик і утворює черенковські фотони. Відбиваючись від внутрішніх стінок, вони падають на фотопомножувач, що конвертує їх у електричний струм, який і вказує на наявність радіації [2]. У складніших порогових лічильниках використовуються декілька послідовних камер з різними діелектриками, що дозволяє змінювати значення черенковського порогу. Різні частинки тоді затримуються в різних камерах; це дозволяє розрізняти типи заряджених частинок [2].

Отже, іонізуюче випромінювання реєструється завдяки його взаємодії із матеріалом детектора. Заряджені й незаряджені частинки по-різному взаємодіють із речовиною, і детектуються теж по-різному. Детектор радіації – це пристрій, на вхід якого надходить іонізуюче випромінювання, яке він перетворює на сигнал. В одному пристрої для вимірювання радіації може бути поєднано декілька типів детекторів. Напівпровідникові, сцинтиляційні та черенковські детектори – лише кілька з багатьох типів детекторів радіації, які застосовуються сьогодні.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Amgarou, K., & Herranz, M. (2021). State-of-the-art and challenges of non-destructive techniques for in-situ radiological characterization of nuclear facilities to be dismantled. *Nuclear Engineering and Technology*, 53(11), 3491–3504.
- [2] Kolanoski, H., & Wermes, N. (2020). *Particle detectors: Fundamentals and applications*. Oxford University Press.
- [3] Knoll, G. F. (2010). *Radiation detection and measurement* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- [4] Абрамов, А. И., Казанский, Ю. А., & Матусевич, О. С. (1985). *Основы экспериментальных методов ядерной физики* (3-е изд.). Энергоатомиздат.
- [5] Tsoulfanidis, N., & Landsberger, S. (2021). *Measurement and detection of radiation* (5th ed.). CRC Press.

Деркач М.І., Хіст В.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: mariiadch@gmail.com*

МАСИВ ГАЛЬБАХА ЯК ЗАСІБ ЕКРАНУВАННЯ ЗАВАД ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ МАГНІТНОЇ НАВІГАЦІЇ БПЛА

***Анотація.** У статті розглянуто використання масиву Гальбаха в конструкції безколекторних електродвигунів з метою зменшення рівня електромагнітних завад під час застосування магнітної навігації в безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Однією з ключових проблем, що обмежує точність магнітної навігації, є вплив магнітного поля, створюваного електродвигунами, інтенсивність якого у сотні разів перевищує рівень геомагнітного фону Землі, що спричиняє істотні спотворення результатів вимірювання. Використання циліндричної конфігурації масиву Гальбаха дає змогу сконцентрувати магнітний потік всередині корпусу двигуна, тим самим мінімізуючи його зовнішнє магнітне випромінювання. Запропоноване технічне рішення сприяє підвищенню точності магнітної навігації БПЛА та створює передумови для підвищення їх радіоелектронної стійкості та зниження виявлюваності.*

***Abstract.** The application of a Halbach array in the design of BLDC motors is examined as a method for reducing magnetic interference in UAV-based magnetic navigation. The main obstacle to achieving high navigation accuracy is the influence*

of motor-generated magnetic fields, which can exceed the intensity of the Earth's geomagnetic background by several hundred times and lead to significant sensor distortions. A cylindrical Halbach array configuration allows the magnetic flux to be confined within the motor structure, significantly reducing its external magnetic footprint. This solution enhances the precision of magnetic navigation and prospectively enables the deployment of autonomous UAVs that are undetectable and highly resilient to electronic warfare systems.

Ключові слова: *магнітна навігація, масив Гальбаха, БПЛА, безколекторні двигуни, густина магнітного потоку*

Keywords: *magnetic navigation, Halbach array, unmanned aerial vehicle, BLDC motors, magnetic flux density.*

В умовах війни критично важливим є забезпечення надійної навігації в середовищах, де супутникові сигнали недоступні або нестабільні через активне глушіння або блокування засобами радіоелектронної боротьби противника. Однією з перспективних альтернатив є магнітна навігація, яка ґрунтується на вимірюваннях магнітного поля за допомогою магнітометра з подальшим порівнянням отриманих даних із картами магнітних аномалій земної кори. Цей підхід є повністю автономним, оскільки не залежить від супутникових систем і базується на просторовій неоднорідності та високій довгостроковій стабільності геомагнітного поля. Застосування магнітного поля Землі як навігаційного орієнтира є доцільним, оскільки воно є майже невразливим до зовнішніх впливів, доступним у будь-якій точці земної кулі, незалежно від часу доби та погодних умов.

Особливо перспективним є застосування магнітної навігації на сході України, де наразі тривають активні бойові дії. Цей регіон характеризується наявністю значних локальних магнітних аномалій, зумовлених специфікою геологічної будови земної кори та високою концентрацією корисних копалин [1]. Магнітна навігація вже була випробувана на кількох типах літальних апаратів у Сполучених Штатах, і результати тестувань засвідчили, що для досягнення високої точності необхідно мінімізувати вплив власного магнітного поля апарата, зокрема шляхом його екранування або компенсації, щоб забезпечити точне корелювання показників магнітометра з картою магнітних аномалій [2].

У випадку використання магнітної навігації на безпілотних літальних апаратах (БПЛА) основним джерелом спотворення вимірювань магнітного поля

є електродвигуни. Сучасні БПЛА, як правило, оснащені безколекторними електродвигунами, які забезпечують високу енергоефективність завдяки тривалому терміну служби, високому крутному моменту та низькому тепловиділенню [3]. Проте магнітне поле, створюване стандартними безколекторними двигунами, не є сконцентрованим у межах корпусу двигуна і значною мірою поширюється назовні, що негативно впливає на точність магнітометричних вимірювань.

Магнітометри виявляють магнітні поля в діапазоні від нано - до мкТл, в той час як поля безколекторних двигунів можуть досягати рівня мТл на близьких відстанях. Це значно перевищує інтенсивність магнітного поля Землі навіть в ділянках з аномаліями, та, відповідно, буде спотворювати результати вимірювань.

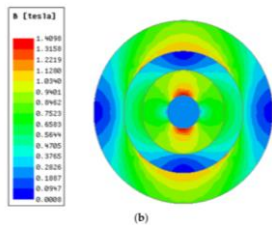


Рис. 1. Розподіл магнітної індукції колекторного двигуна. [4]

Можливим рішенням для зменшення впливу небажаних магнітних полів є застосування масиву Гальбаха. Магнітна збірка Гальбаха це конфігурація постійних магнітів, що дозволяє суттєво посилити магнітне поле з одного боку та повністю мінімізувати його на протилежному. Такий розподіл досягається завдяки періодичному обертанню напрямку намагніченості кожного наступного магніту на 90° відносно попереднього. У разі застосування цієї конфігурації у двигуні, магнітне поле зосереджується всередині, що запобігає його зовнішньому впливу та усуває спотворення показів магнітометра.

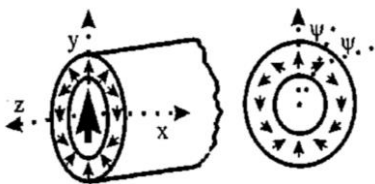


Рис. 2. Конструкція ідеалізованого циліндра Гальбаха. [5]

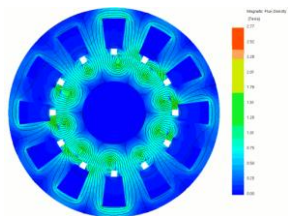


Рис. 3. Розподіл магнітної індукції в Масиві Гальбаха на основі постійних магнітів.[6]

В ідеалізованому випадку (Рис. 2), нескінченно довгий циліндр Гальбаха створює однорідне магнітне поле в напрямку осі u в отворі та нульове поле скрізь за межами циліндра. Тоді величина індукції B в отворі описується формулою $B = B_r \ln \left(\frac{R_0}{R_i} \right)$, де B_r – це залишкова намагніченість матеріалу, R_0 та R_i – зовнішній та внутрішній радіус циліндра відповідно.[5]

У районах із вираженими магнітними аномаліями поєднання геореференсування та використання внутрішніх сенсорів платформи може забезпечити базовий рівень автономії навіть при повній втраті супутникового зв'язку. За умови, якщо дрон використовує магнітну навігацію без підключення до GPS та не передаватиме радіосигналів під час польоту, електромагнітне випромінювання буде мінімальним. Вся інформація може зберігатися на борту, а сама місія виконуватися автономно згідно з попередньо завантаженим маршрутом. У поєднанні зі слабким зовнішнім магнітним фоном, одержаним завдяки двигунам на основі масиву Гальбаха, це зробить літальний апарат практично невидимим як для радіоелектронних, так і магнітометричних систем виявлення.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. (n.d.). Аномальне магнітне поле. Дані Інституту геофізики НАН України ім. С. І. Субботіна. <http://wdc.org.ua/uk/node/112>
- [2] Canciani, A. J. (2021). Magnetic navigation on an F-16 aircraft using online calibration. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 58(1), 420–434.
- [3] Praveen, R. P., Ravichandran, M. H., Achari, V. T. S., et al. (2012). A novel slotless Halbach-array permanent-magnet BLDC motor for spacecraft. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 59(9), 3615–3623.
- [4] Du, J., Li, C., Zhao, J., et al. (2022). Eddy current loss and structure design in BLDC high-speed PM motor. *Machines*, 10(2), 118.
- [5] Ní Mhíocháin, T. R., Weaire, D., McMurry, S. M., et al. (1999). Analysis of torque in nested magnetic cylinders. *Journal of Applied Physics*, 86(11), 6412–6417.

[6] EMWorks. (n.d.). *Halbach array in PM motors: A technical overview*. <https://www.emworks.com/en/application/halbach-array-in-pm-motors-a-technical-overview>

Журавель Б.О., Строкач М.С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: bohdankaaa6@gmail.com*

КВАНТОВІ ЯВИЩА ПРИ НАДНИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Анотація. У роботі розглядаються ключові квантові явища, що проявляються при наднизьких температурах, зокрема надплинність і надпровідність, Бозе-Ейнштейнівська конденсація, квантова турбулентність та квантові точки. Підкреслено їхнє значення для фундаментальної науки і перспективи застосування в новітніх технологіях – від квантових обчислювачів до досліджень космосу.

Abstract. *The paper examines key quantum phenomena at ultralow temperatures, including superfluidity, superconductivity, Bose-Einstein condensation, quantum turbulence, and quantum dots. It highlights their importance for fundamental science and potential applications in cutting-edge technologies, from quantum computers to space exploration.*

Ключові слова: *БЕК, квантові явища, наднизькі температури, надпровідність, надплинність, квантові точки, квантове тунелювання*

Keywords: *BEC, quantum phenomena, ultralow temperatures, superconductivity, superfluidity, quantum dots, quantum tunneling*

Квантові явища при наднизьких температурах становлять один із найбільш перспективних напрямів сучасної фізики. У безпосередній близькості до абсолютного нуля класичні термодинамічні уявлення поступаються місцем квантовим ефектам, які лежать в основі таких явищ, як надпровідність, надплинність, Бозе-Ейнштейнівська конденсація (БЕК) та інші колективні стани речовини. Їх дослідження має важливе значення як для фундаментальної науки, так і для майбутніх прикладних технологій, зокрема у сфері створення квантових комп'ютерів, надточних сенсорів і квантових симуляторів.

Бозе-Ейнштейнівська конденсація являє собою особливий квантовий стан, у якому значна кількість бозонів займає один і той самий основний енергетичний рівень. Такий стан можливий лише за температур, близьких до абсолютного нуля. Перші експериментальні спостереження БЕК були здійснені у 1995 році на атомах рубідію та натрію, охолоджених до ультранизьких температур за допомогою лазерних методів. У цьому стані речовина демонструє властивості єдиного когерентного квантового об'єкта, зокрема явища надплинності та надпровідності. Сучасні дослідження БЕК активно застосовуються для моделювання складних квантових процесів, створення квантових симуляторів і вивчення нових фаз речовини [1].

Нині БЕК досліджується в контексті таких галузей, як фізика квантових симуляторів, оптичних решіток, астрофізика нейтронних зір, а також у вивченні супертвердих станів. Створено низку експериментальних реалізацій БЕК, зокрема на основі фотонів, екситонів, поляритонів і навіть молекулярних систем. В Україні експериментальні дослідження у галузі фізики наднизьких температур та квантових конденсатів ведуться, зокрема, в Інституті фізики НАН України та Інституті низьких температур і структурованих матеріалів у Харкові. Серед провідних науковців слід відзначити академіка Анатолія Шевченка, який досліджує квантові фазові переходи та динаміку куперівських пар, а також професора Сергія Нікуліна, що займається вивченням БЕК у пастках та потенціальних ямах [5, с. 785–799].

Окрему увагу в цьому контексті привертає феномен надплинності — здатність рідини текти без тертя та в'язкості, що найяскравіше проявляється у рідкому гелії-4 при температурах нижче 2,17 К. У такому стані рідина демонструє унікальні властивості: проходить крізь вузькі капіляри, піднімається по стінках посудини та утворює сталі коливальні режими без затухання. Надплинний гелій є ідеальним середовищем для експериментального вивчення макроскопічних квантових ефектів. Цей феномен має фундаментальне значення для фізики конденсованого стану та знаходить застосування у кріогенних системах охолодження, розробці надточних гіроскопів і детекторів гравітаційних хвиль [1].

Надпровідність – це квантове явище, за якого електричний струм протікає через матеріал без електричного опору. Воно виникає внаслідок утворення куперівських пар електронів, які, об'єднуючись, поведуться як бозони та не взаємодіють з атомною ґраткою. Це забезпечує необмежене транспортування

заряду без втрат енергії. У 1957 році це явище було пояснено в межах квантово-механічної теорії БКШ (Бардіна, Купера та Шріффера), що стало фундаментальним проривом у фізиці твердого тіла. Надпровідники знаходять широке застосування в магнітно-резонансній томографії, високоефективних лініях електропередач, квантових комп'ютерах і транспортних системах з магнітною левітацією. Перспективні дослідження нових класів надпровідників можуть стати основою технологічної революції в енергетиці та електроніці [2, с. 1175–1204].

Квантова турбулентність – це складний динамічний режим, що виникає у надплинних середовищах, таких як гелій-4, та характеризується формуванням квантованих вихорів з дискретними значеннями циркуляції. На відміну від класичної турбулентності, де спостерігається безперервний спектр енергетичного розподілу вихорів, у квантовій турбулентності домінує дискретність і когерентність. Вивчення цього феномену відкриває нові можливості для розуміння нелінійних квантових процесів, нестійких станів та механізмів релаксації у квантових системах. Крім того, квантова турбулентність має важливе значення для астрофізики, зокрема для дослідження внутрішньої структури нейтронних зір. Експериментальні дослідження цього явища здійснюються в умовах наднизьких температур — у діапазоні мілі-Кельвінів — із використанням надточних кріостатів [3, с. 4691–4696].

Квантові точки – це нанорозмірні структури, у яких електрони обмежені в просторі й поведуться як частинки в потенціальній ямі. За наднизьких температур у таких системах спостерігаються виражені квантові ефекти, зокрема тунелювання та кулонівська блокада. Тунельний струм між квантовими точками можна точно контролювати, що робить їх перспективними елементами для реалізації кубітів у квантових обчисленнях. Крім того, квантові точки є платформою для дослідження спінових станів, обмінних взаємодій та когерентності квантових систем. Ефективне охолодження до мілі-Кельвінів є критично важливою умовою таких експериментів, оскільки дозволяє усунути теплові збурення й забезпечити стабільність квантових станів [4].

Умови наднизьких температур дають можливість спостерігати квантове тунелювання частинок під час хімічних реакцій, що у звичайних умовах є майже неможливим. Такі дослідження мають велике значення для астрохімії, адже умови в міжзор'яному просторі подібні до лабораторного надохолодження. Зокрема, стало можливим моделювати реакції, які відбуваються на поверхнях космічного пилу. Аналізуючи ці процеси, вчені отримують нові дані про

походження молекул у космосі та механізми утворення складних органічних сполук.[4]

Топологічні надпровідники – це новий клас матеріалів, у яких реалізуються стани з топологічним захистом, стійкі до локальних збурень. Однією з найцікавіших властивостей є можливість реалізації майоранівських ферміонів – квазічастинок, які можуть стати основою для топологічних квантових комп'ютерів. Ці частинки мають незвичну симетрію та не піддаються локальній декогеренції, що робить їх перспективними для зберігання квантової інформації. Для спостереження майоранівських мод потрібні низькі температури та специфічні надпровідні структури. Станом на сьогодні дослідження таких матеріалів є в центрі уваги багатьох лабораторій світу.[1]

Квантові явища при наднизьких температурах виходять за межі традиційної фізики, відкриваючи шлях до глибшого розуміння природи та створення новітніх технологій – від квантових комп'ютерів до надчутливих сенсорів. Розвиток методів охолодження й контролю квантових систем відкриває нові можливості для науки й техніки, що може призвести до проривів у сферах обчислень, енергетики, медицини та космосу. Наднизькі температури дають змогу повністю розкрити суть квантової механіки.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Contributors to Wikimedia projects. (n.d.). *BCS theory* – Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/BCS_theory
- [2] Бардін, Дж., Купер, Л. Н., & Шріффер, Дж. Р. (1957). Теорія надпровідності. *Фізичний огляд*, 108(5), 1175–1204.
- [3] Волмслі, П. М., Змеєв, Д. Є., Пакпур, Ф., & Голов, А. І. (2014). Динаміка квантової турбулентності різних спектрів. *Праці Національної академії наук США*, 111(13), 4691–4696. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1400033111>
- [4] Фоа Торрес, Л. Е. Ф., Левенкоф, С. Х., & Паставські, Х. М. (2003). Когерентне та послідовне тунелювання електронів у квантових точках. *Physical Review Letters*, 91(11), Article 116801. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.91.116801>
- [5] Шевченко, А. Б. (2020). Квантові фазові переходи в надпровідниках. *Фізика низьких температур*, 46(8), 785–799. <https://doi.org/10.1063/10.0001660>

Козлов О.А., Калита В.М., Решетняк С.О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: o.kozlov@kpi.ua*

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ОПОРОМ СТРУКТУР З ГІГАНТСЬКИМ ТА ТУНЕЛЬНИМ МАГНЕТООПОРОМ ЗА ДОПОМОГОЮ СТРУМУ

Анотація. Розглянуті основні віхи розвитку сенсорів та комірок пам'яті на основі структур з гігантським та тунельним магнетоопором, а також концепти передачі спінового моменту та перемикача Кюрі.

Abstract. The key milestones in the development of sensors and memory cells based on giant and tunnel magnetoresistance structures are reviewed, along with the concepts of spin-transfer torque and the Curie switch.

Ключові слова: Спінтроніка, гігантський магнетоопір, тунельний магнетоопір, MRAM, STT-MRAM, перемикач Curie.

Keywords: Spintronics, giant magnetoresistance, tunnel magnetoresistance, MRAM, STT-MRAM, Curie switch.

У 1986–1988 роках П. Грюнбергом і А. Фертом були опубліковані праці, у яких описано результати дослідження багатошарових плівок Fe/Cr, зокрема відкриття обмінної взаємодії антиферомагнітного типу між шарами заліза та ефекту гігантського магнетоопору (ГМО) у таких структурах [1, 2]. Зазначені відкриття започаткували нову науково-технічну галузь — спінтроніку, яка стрімко розвивалася й відіграла важливу роль у мініатюризації систем запису та зчитування інформації [3].

У 1990-х роках було досягнуто низки значущих результатів як у фундаментальних, так і прикладних дослідженнях. До них належать спостереження аналогічних ефектів у великій кількості інших багатошарових структур, узагальнення наявних теоретичних уявлень, а також розробка простіших, швидших і ефективніших методів виготовлення таких плівок [4]. Крім того, було експериментально встановлено знакозмінну осцилюючу залежність обмінної взаємодії від товщини немагнітного прошарку [5].

У 1991 році опубліковано результати досліджень структур на основі Co/Cu, в яких спостерігалися значні значення ефекту ГМО. Саме ці зразки стали

основною для створення прототипів перших практичних систем на основі гігантського магнетоопору. Подальший розвиток цих ідей привів до формування концепції спінового вентиля — тришарової структури, в якій один із магнітних шарів є «фіксованим» (наприклад, за рахунок обмінного зв'язку з антиферромагнітною підкладкою), тоді як інший шар залишається «вільним» і здатен змінювати свою намагніченість під впливом зовнішніх чинників.

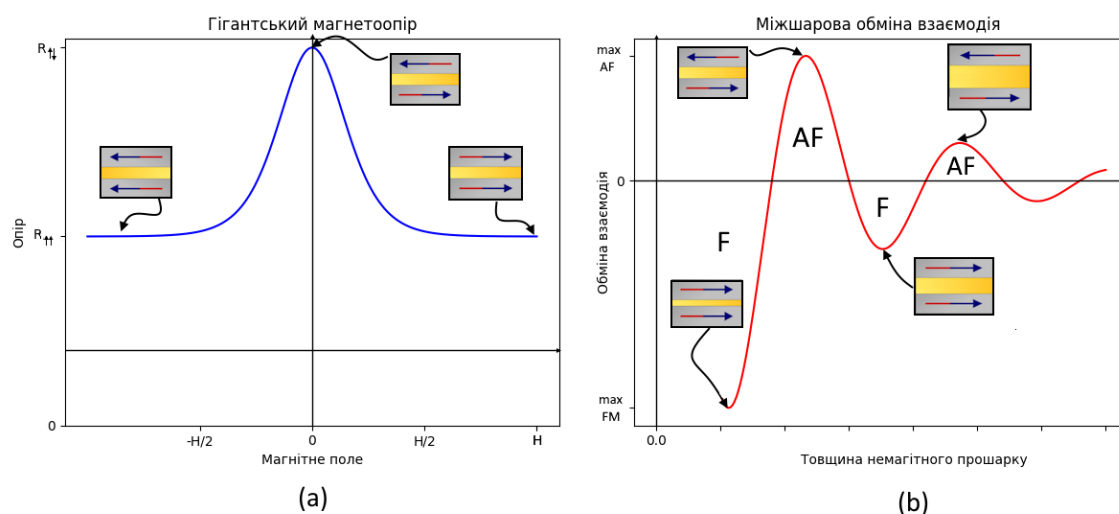


Рис.1 Схематичні зображення важливих залежності ГМО-сенсорів а—магнетоопір від прикладеного поля; б – залежність знаку та величини обмінної взаємодії від товщини немагнітного прошарку.

Спінові вентиля почали широко використовувати в зчитуючих головках магнітних дисків, що призвело до можливості збільшення щільності запису інформації на два порядки, і до 1997 року були повністю витіснені зчитуючі головки на основі анізотропного магнетоопору [3].

При низьких температурах (4-5 K) величина ефекту ГМО може досягти сотень відсотків [6], але за нормальних умов зазвичай складає 10-15%, що ускладнює використання ГМО-структур як комірок пам'яті, оскільки стани досить складно розрізняти електрично в умовах сильних шумів або неоднорідності зовнішніх умов. Тому при створенні магніторезистивної пам'яті (MRAM) використали структури на основі тунельного магнетоопору (ТМО), які являють собою два шари феромагнетика, розділені тонким діелектриком. Розмір ефекту ТМО вже досягає декількох сотень відсотків, тому стани легко розрізнити електрично як «0» та «1».

Для запису використовують архітектуру cross point, де кожна комірка пам'яті знаходиться в вузлі двох взаємно перпендикулярних шин. Магнітного поля, яке створюється струмом однієї із шин, недостатньо для перемагнічування «вільного» шару структури ТМО,

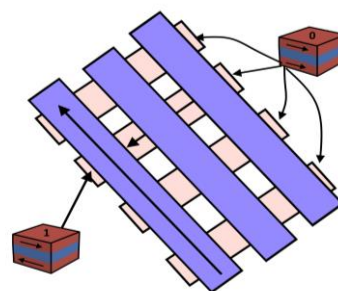


Рис. 2 Cross point архітектура

проте коли на структуру діє поле від двох шин (Рис.2), його достатньо для зміни значення, і таким чином забезпечується можливість запису інформації у потрібну комірку [7].

У 1996 році Дж. Слончевський продемонстрував можливість керування намагніченістю в магнітних багатошарових плівках за допомогою електричного струму через ефект переносу спінового моменту (spin transfer torque, далі — STT). Цей метод забезпечує вищу енергоефективність і швидкодію порівняно з перемиканням за допомогою зовнішнього магнітного поля. Його застосування є особливо ефективним у асиметричних структурах, де можна чітко виділити два шари: «закріплений» (референтний) шар зі стабільною намагніченістю та «вільний» шар, магнітний стан якого підлягає зміні.

Принцип дії STT полягає в тому, що під час проходження струму через магнітний шар формується спін-поляризований електронний потік у немагнітному прошарку. Цей потік переносить надлишковий спіновий момент, який передається вільному шару. За певних умов, зокрема при досягненні критичної щільності струму, спіновий момент, переданий від поляризованого струму, може змінити орієнтацію намагніченості вільного шару [7, 8].

Група В. Коренівського проводила дослідження багатошарових структур типу Fe/FeCr та Fe/Cr/FeCr, які функціонують як спінові вентиля, де немагнітний прошарок містить шар розбавленого феромагнетика або сам по собі є розбавленим феромагнетиком [9]. У таких структурах використовуються сплави FeCr, магнітний порядок яких, а отже й магнітні властивості, суттєво залежать від температури. Важливою перевагою є можливість задання температури фазового переходу ще на етапі виготовлення зразка шляхом варіювання концентрації заліза у сплаві. Зокрема, підібравши параметри так, щоб температура переходу була трохи вищою за кімнатну, можна реалізувати кероване перемикання структури зі стану низького опору в стан високого опору за рахунок локального нагрівання, викликаного Джоулевым теплом [10].

Отже, нині відомо щонайменше три підходи до керування станами структур із гігантським або тунельним магнетоопором: за допомогою зовнішнього магнітного поля, переносу спінового моменту (STT) та джоулевого нагрівання, так званого «перемикача Кюрі».

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Grünberg, P., Schreiber, R., Pang, Y., Brodsky, M., & Sowers, H. (1986). Layered magnetic structures: Evidence for antiferromagnetic coupling of Fe layers across Cr interlayers. *Physical Review Letters*, 57(19), 2442–2445. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.57.2442>
- [2] Baibich, M. N., Broto, J. M., Fert, A., Van Dau, F. N., Petroff, F., Etienne, P., Creuzet, G., Friederich, A., & Chazelas, J. (1988). Giant magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr magnetic superlattices. *Physical Review Letters*, 61(21), 2472–2475. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.61.2472>
- [3] Fert, A. (2008). Nobel lecture: Origin, development, and future of spintronics. *Reviews of Modern Physics*, 80(4), 1517–1530. <https://doi.org/10.1103/revmodphys.80.1517>
- [4] Parkin, S. S., More, N., & Roche, K. P. (1990). Oscillations in exchange coupling and magnetoresistance in metallic superlattice structures: Co/Ru, Co/Cr, and Fe/Cr. *Physical Review Letters*, 64(19), 2304–2307. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.64.2304>
- [5] Parkin, S. S., & Mauri, D. (1991). Spin engineering: Direct determination of the Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida far-field range function in ruthenium. *Physical Review B*, 44(13), 7131–7134. <https://doi.org/10.1103/physrevb.44.7131>
- [6] Товстолиткін, О. І. (2014). *Фізичні основи спінтроники: навчальний посібник*. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Вінниця: Нілан.
- [7] Bhatti, S., Sbiaa, R., Hirohata, A., Ohno, H., Fukami, S., & Piramanayagam, S. N. (2017). Spintronics based random access memory: A review. *Materials Today*, 20(9), 530–548. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.07.007>
- [8] Slonczewski, J. C. (1996). Current-driven excitation of magnetic multilayers. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 159(1–2), 1–7. [https://doi.org/10.1016/0304-8853\(96\)00062-5](https://doi.org/10.1016/0304-8853(96)00062-5)
- [9] Polishchuk, D. M., Tykhonenko-Polishchuk, Yu. O., Holmgren, E., Kravets, A. F., & Korenivski, V. (2017). Thermally induced antiferromagnetic exchange in magnetic multilayers. *Physical Review B*, 96(10), Article 104427. <https://doi.org/10.1103/physrevb.96.104427>

[10] Iurchuk, V., Kozlov, O., Sorokin, S., Zhou, S., Lindner, J., Reshetniak, S., Kravets, A., Polishchuk, D., & Korenivski, V. (2023). All-electrical operation of a Curie switch at room temperature. *Physical Review Applied*, 20(2), Article 024009. <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.20.024009>

Кушлик-Дивульська О. І., Авдєєва Т. В., Кошлай А. І., Воловик Д. М.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: olgakushlyk64@gmail.com,

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИКИ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Анотація. Досліджено історичний аспект розвитку деяких математичних концепцій, які стали основою сучасних технічних досягнень, зокрема в інженерії, криптографії, комп'ютерних науках. Наведено приклади, коли математичні відкриття переходили з теоретичної площини до реального використання.

Abstract. The historical development of certain mathematical concepts that have become the foundation of modern technological advancements, particularly in engineering, cryptography, and computer science, has been explored. Examples are provided of mathematical discoveries transitioning from theoretical frameworks to real-world applications.

Ключові слова: математичний аналіз, диференціальні рівняння, чисельні методи, гідродинаміка, стохастичні процеси, криптографія, алгоритм RSA.

Keywords: mathematical analysis, differential equations, numerical methods, hydrodynamics, stochastic processes, cryptography, RSA algorithm.

Математика – це не лише мова чисел і формул, але й універсальний інструмент пізнання. Багато математичних теорій, створених як суто абстрактні конструкції, згодом отримали несподіване практичне застосування. Саме математика становить фундамент, на якому базується функціонування сучасного науково-технічного світу.

1. Математичний аналіз: шлях від абстракції до інженерії

XVII століття вважається періодом зародження математичного аналізу. Саме тоді Ісаак Ньютон і Готфрід Вільгельм Лейбніц майже одночасно, але незалежно один від одного, заклали основи диференціального та інтегрального

числення [1]. Інтеграл став ключовим інструментом для обчислення траєкторій тіл і моделювання накопичення змін, тоді як поняття миттєвої швидкості та прискорення стали фундаментом поняття похідної. Математика перетворилася на потужний засіб опису змінності та неперервності природних явищ.

У рамках класичного математичного аналізу були розроблені чисельні методи обчислень, що дозволили здійснювати наближені розрахунки з визначеним рівнем точності. Використання дискретизації простору та часу стало зручним інструментом у вирішенні складних задач. Більшість алгоритмів комп'ютерного моделювання в таких сферах, як фізика, біомеханіка, фінансовий аналіз і промислове проєктування, базуються на ідеях диференціального та інтегрального числення [4].

Одним із прикладів застосування математичного аналізу є *гідродинаміка та аеродинаміка*. Диференціальні рівняння Нав'є–Стокса лежать в основі моделей, що використовуються для оптимізації аеродинамічних і гідродинамічних форм, зниження опору, визначення зон турбулентності під час проєктування літаків, автомобілів, турбін тощо.

У галузі *будівництва та інженерного проєктування* широкого застосування набула методика скінченних елементів — чисельний підхід, що дозволяє розбити складну конструкцію на елементарні частини для подальшого аналізу напружень і деформацій. Розрахунки при цьому ґрунтуються на розв'язанні систем диференціальних рівнянь.

У *прогнозуванні кліматичних змін* математичний аналіз відіграє ключову роль у побудові моделей, які описують атмосферну циркуляцію, теплообмін, парниковий ефект, динаміку океанічних течій. Ці взаємопов'язані процеси моделюються за допомогою адаптованих методів розв'язання складних диференціальних систем [3].

У *сучасній медицині* математичне моделювання відіграє зростаючу роль. Одним із прикладів є моделі кровообігу, зокрема моделі Венделла та Ланца, які описують залежності між тиском, об'ємом та опором у судинній системі. Ці моделі базуються на рівняннях гідродинаміки й дають змогу прогнозувати вплив стенозів (звужень судин) на кровотік, визначати оптимальні параметри для встановлення стентів і шунтів, а також проводити віртуальні симуляції перед хірургічними втручаннями. У дослідженнях електрофізіології серця та мозку активно використовуються математичні моделі на основі диференціальних рівнянь Ходжкіна–Хакслі, які дозволяють відтворювати динаміку електричних імпульсів у нервових клітинах.

Фармакокінетика є ще однією важливою галуззю, в якій активно застосовуються системи диференціальних рівнянь. Зокрема, компартментні моделі дозволяють описати динаміку розподілу лікарських речовин між різними фізіологічними середовищами організму — такими як кров, печінка, нирки — у часовому вимірі. Такі моделі є критично важливими при розробці нових фармакологічних засобів, оскільки дають змогу передбачити концентрацію препарату в органах-мішенях, оцінити період напіввиведення, оптимізувати дозування та зменшити ризики побічної дії.

Також математичний аналіз відіграє ключову роль у методах томографії, таких як магнітно-резонансна (МРТ) та комп'ютерна томографія (КТ), а також в обробці біомедичних сигналів. Дані, отримані під час сканування, зазвичай подаються у вигляді хвильових або частотних сигналів. Для їх перетворення у зрозумілі зображення внутрішніх органів застосовується обернене перетворення Фур'є — класичний інструмент математичного аналізу. Завдяки цій технології лікарі отримують високоінформативні зображення анатомічних структур без потреби в інвазивному втручанні, що робить томографічні методи діагностики незамінними у сучасній медицині.

2. Стохастичні процеси Маркова

У ХХІ столітті теорія марківських процесів набула величезного значення для аналізу потоків інформації. Вона лежить в основі таких технологій, як алгоритм PageRank, який використовує Google для впорядкування сторінок при пошуку, також в системах розпізнавання мови та автоматичного перекладу (Google Translate, Siri, Alexa). Крім того, марківські процеси активно використовуються у фінансовій сфері, медицині [5].

3. Прості числа та криптографія: від давньої математики до сучасної безпеки

Ще з часів Евкліда людству були відомі прості числа, однак навряд чи хтось міг передбачити, що через понад дві тисячі років вони відіграватимуть ключову роль у сфері цифрової безпеки. У другій половині ХХ століття, із розвитком обчислювальної техніки та зростанням обсягів цифрових даних, постала нагальна потреба у захисті інформації. Саме тоді були розроблені перші криптографічні алгоритми з відкритим ключем, зокрема RSA, які ґрунтуються на властивостях простих чисел і складності факторизації великих чисел. У сучасних умовах криптографія забезпечує безпеку більшості онлайн-транзакцій — від банківських операцій до криптовалютних переказів. Крім того, аналогічні

алгоритми використовуються для шифрування персональних повідомлень у популярних засобах комунікації, таких як Signal та WhatsApp [6].

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Boyer, C. B., & Merzbach, U. C. (2011). *A history of mathematics* (2nd ed.). Wiley.
- [2] Ньютон, І. (2013). *Математичні початки натуральної філософії* (А. І. Пащенко, пер.). Наукова думка.
- [3] Grabiner, J. V. (1981). *The origins of Cauchy's rigorous calculus*. MIT Press.
<https://mitpress.mit.edu/9780262070762/the-origins-of-cauchys-rigorous-calculus/>
- [4] Стюарт, І. (2020). *Історія математики. Від перших лічильних систем до штучного інтелекту*. Фабула.
- [5] Марков, А. А. (1951). *Дослідження з теорії ймовірностей*. Наука.
https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/193197/1/Markov_AA_Issledovaniya_teorii_veroyatnostey_1951.pdf
- [6] Коблиць, Н. (2002). *Курс теорії чисел і криптографії* (пер. з англ.). Наукова думка.

Кушлик-Дивульська О. І., Авдєєва Т. В., Брідня А. С., Козленко О. Р.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: olgakushlyk64@gmail.com

ГАУССОВЕ РОЗМИТТЯ. ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ ГАУССА В ГРАФІЧНИХ РЕДАКТОРАХ

Анотація. Проаналізовано математичні основи та алгоритмічні аспекти Гауссового розмиття. Розглянуто його теоретичне обґрунтування, включаючи поняття згортки та властивості Гауссового ядра. Досліджено процес дискретизації та вибір параметрів для практичної реалізації. Показано роль Гауссового розмиття в обробці зображень.

Abstract. The mathematical foundations and algorithmic aspects of Gaussian blur are analyzed. The theoretical justification is considered, including the concept of convolution and the properties of the Gaussian kernel. The discretization process and parameter selection for practical implementation are investigated. The role of Gaussian blur in image processing is shown.

Ключові слова: Функція Гаусса, розмиття, графіка, графічні редактори, ядро Гаусса.

Keywords: Gaussian function, blur, graphics, graphic editors, Gaussian kernel.

Гауссове розмивання – це метод розфокусування зображення за допомогою спеціального фільтра, який використовує математичну функцію Гаусса. Ця техніка використовується у більшості графічних редакторів (Photoshop, Canva, Figma тощо), оскільки напряду впливає на візуальну якість зображення, зменшуючи зернистість зображення та згладжуючи контрасти.

Основна ідея будь-якого фільтра розмиття полягає в змішуванні кольору пікселя з кольорами пікселів поруч за допомогою зваженої суми.

Гауссове розмиття використовує двовимірну функцію Гаусса (1) для зважування найближчих пікселів:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Сигма-квадрат (σ^2) в знаменнику степеня є дисперсією, яка визначає наскільки істотно сусідні пікселі центрального пікселя впливають на результат обчислень. Функція Гаусса є максимальною при (0,0), що відповідає розташуванню пікселя, який розмивається, її значення зменшується зі збільшенням x або y [2].

Ядро Гаусса побудоване таким чином, що його центральний елемент має найбільше значення, а при віддаленні від центру значення поступово зменшуються відповідно до відстані [3] (рис. 1).

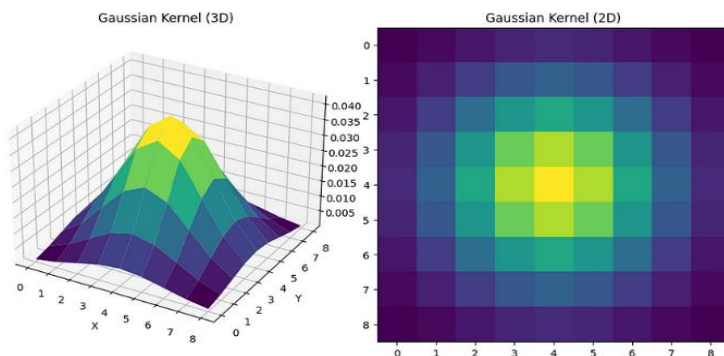


Рис. 1 Трьохвимірна та двовимірна візуалізація функції Гаусса

Розмиття за Гауссом застосовується до зображення за допомогою наступної послідовності операцій: 1) визначається ядро фіксованого розміру, як

правило, є непарними матрицями розмірами 3×3 , 5×5 тощо; 2) кожен піксель зображення обробляється шляхом розміщення ядра над ним та виконання поелементного множення між значеннями ядра та відповідними значеннями прилеглих пікселів; 3) підсумовування отриманих добутків і утворення нового значення інтенсивності пікселя, що є зваженою сумою його сусідніх пікселів; 4) повторення описаних операцій для кожного пікселя [3]. Нижче наведено застосування алгоритму (рис. 2).

Зображення				Ядро		
25	25	50	50	x1	x2	x1
25	25	50	50	x2	x4	x2
25	25	50	50	x1	x2	x1
25	25	50	50			
25	25	50	50	25	50	50
25	25	50	50	50	100	100
25	25	50	50	25	50	50
				Результат: $500/16 = 31.25$		

Рис.2 Відображення алгоритму розмиття пікселя

За допомогою цього процесу можна сфокусувати увагу споживача на важливих деталях у цифровому або друкованому продукті. Розмиття за методом Гауса дозволяє зменшити хроматичні аберації та кольорові смуги на висококонтрастних зображеннях, а також знижує кількість яскравих пікселів навколо об'єктів [3], усуваючи небажані кольорові плями (рис. 3).



Рис. 3 Зображення з шумом та з розмиттям

Зменшуючи наявні шуми зображення за допомогою розмиття Гаусса, досягається концентрація уваги на виявленні значущих структур і особливостей у зображенні, є важливою складовою обробки інформації, показує важливість фундаментальних знань.

Отже, розмиття Гаусса можна безпосередньо використовувати в алгоритмах обробки цифрових зображень, застосовуючи математичну функцію для фокусування уваги спостерігача на ключових елементах.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Pupius, R. (2017). Applying a Gaussian blur filter. Mastering SFML Game Development. Packt Publishing. <https://subscription.packtpub.com/book/gamedevelopment/9781789342253/6/ch06lvl1sec56/applying-a-gaussian-blur-filter>
- [2] Sharda, A. (2021). Image filters – Gaussian blur. Medium. <https://aryamansharda.medium.com/image-filters-gaussian-blur-eb36db6781b1>
- [3] Gaussian blurring: A gentle introduction. (n.d.). Towards AI. <https://towardsai.net/p/l/gaussian-blurring-a-gentle-introduction>

Матковська О.М., Захарченко Р.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: oleksandra.matkovska@gmail.com*

КВАРК-ГЛЮОНОВА ПЛАЗМА: ГІПОТЕЗА У РОЗВИТКУ

Анотація. Розглядаємо поняття кварк-глюонової плазми як особливої форми матерії. Розглянемо її роль у ранньому Всесвіті та способи її відтворення в лабораторних умовах, зокрема у Великому адронному колайдері (БАК). Спробуємо пояснити, як науковці шукають відповіді на фундаментальні питання про структуру матерії.

Abstract. Consider the concept of quark-gluon plasma as a special form of matter. Consider its role in the early universe and reproduction methods in laboratory conditions, particularly in the Large Hadron Collider (LHC). Let's try to explain how scientists seek answers to fundamental questions about the structure of matter.

Ключові слова: *Кварк-глюонна плазма, протони, нейтрони, сильна взаємодія, Всесвіт, матерія, атоми, ядра, Великий адронний колайдер (БАК).*

Keywords: *Quark-gluon plasma, protons, neutrons, strong interaction, Universe, matter, atoms, nuclei, Large Hadron Collider (LHC).*

Відомо, що речовина може перебувати в трьох агрегатних станах: твердому, рідкому та газоподібному. Наприклад, при нагріванні лід переходить у воду, а подальше нагрівання води призводить до утворення водяної пари. Газ складається з молекул, які вільно рухаються в просторі та періодично зіштовхуються одна з одною. Проте, що відбудеться, якщо газ нагрівати ще сильніше? Кінетична енергія молекул зростатиме, і за певної температури зіткнення стануть настільки енергійними, що молекули почнуть розщеплюватися на окремі атоми.

Оскільки атоми складаються з ядра та електронів, то при подальшому нагріванні енергії зіткнень вистачає для іонізації — відриву електронів від ядер. Таким чином утворюється газ, що містить вільні електрони та іонізовані ядра. Такий стан речовини називається плазмою і вважається четвертим агрегатним станом. Плазма широко представлена в природі — прикладами є блискавка та Сонце.

Однак при ще вищих температурах відбуваються ще глибші зміни. Утворюється кварк-глюонна плазма — стан матерії, у якому розпадаються вже не лише атоми, а й протони й нейтрони, які формують атомне ядро. Ці частинки розкладаються на більш елементарні складові — кварки та глюони, де останні є переносниками сильної взаємодії (від англ. Glue — «клей») [1].

Можна припустити, що за надвисокої температури кварки можна «вивільнити» з протонів і нейтронів. Проте на практиці це не так — через дію сильної взаємодії, однієї з чотирьох фундаментальних сил природи, яка забезпечує зв'язування кварків в адронах [2]. Адрони — це узагальнена назва частинок, що складаються з кварків, зокрема протонів і нейтронів [3].

Особливістю сильної взаємодії є її незвична поведінка з відстанню: на відміну від, скажімо, гравітації чи електромагнетизму, вона не зменшується, а зберігає свою силу або навіть посилюється із зростанням відстані між кварками. Це означає, що спроба відокремити кварк від антикварка вимагає надзвичайно великої енергії. Наприклад, у мезоні — адроні, що складається з кварка й антикварка — спроба розділити ці частинки призводить до появи нової пари

кварк–антикварк, оскільки енергія, витрачена на розрив, достатня для створення нових частинок згідно з еквівалентністю маси та енергії.

Таким чином, кварки не існують у вільному стані за звичайних умов. Але існує спосіб обійти це обмеження: замість того щоб намагатися розділити адрони, їх слід стиснути. За екстремально високої щільності простору між частинками кварки і глюони починають взаємодіяти так інтенсивно, що межі між окремими адронами зникають, утворюючи кварк-глюонний «суп» – фазу майже вільних кварків і глюонів. У такому стані частинки більше не прив'язані до конкретних протонів чи нейтронів, що і дозволяє досліджувати кварк-глюонну плазму.

Для виникнення такого стану потрібні умови з надзвичайною густиною. Слід урахувати, що атомне ядро приблизно в 10 000 разів менше за весь атом, а отже, щільність, необхідна для «стирання» меж навіть між компонентами ядра, повинна бути надзвичайно високою. Такі умови реалізуються лише у виняткових астрофізичних об'єктах, зокрема всередині нейтронних зір — найщільніших відомих структур у Всесвіті.

Проте, як тоді вчені вивчають цю речовину? Вони змінюють ще один параметр окрім щільності - енергію. Для дослідження плазми вчені відтворюють цей стан у лабораторіях шляхом зіткнення важких ядер. Це все відбувається у Великому адронному колайдері, де використовується атом свинцю. Вчені іонізують атоми свинцю, прискорюють до швидкості, близької до швидкості світла, а потім зіштовхують. У момент зіткнення енергія перетворюється на масу і утворюються тисячі нових частинок, всі ці нові частинки взаємодіють між собою і утворюють ще більше нових частинок і це підвищує щільність, якої достатньо для утворення плазми [4].

Кварк-глюонна плазма була тим, що відбулося в перші мікросекунди Великого вибуху, мала вигляд сфери радіусом близько 50 кілометрів і проіснувала недовго. Плазма зникла у міру розширення Всесвіту, стаючи менш гарячою і менш щільною. Після цього утворилися адрони, потім ядра атомів, самі атоми, зірки, Галактики і, нарешті, ми [5].

Всесвіт пройшов через кілька фазових переходів, але перехід від кварк-глюонної плазми до адронів є єдиним, що нам на цей час можливо відтворити в лабораторних умовах та вивчати. Один із найважливіших експериментів, що досліджує кварк-глюонову плазму - ALICE [6]. Він аналізує продукти розпаду плазми, що дозволяє вченим вивчати її властивості. Наприклад, було виявлено, що кварк-глюонова плазма поводить себе більше як рідина, ніж як газ. Це було

несподіванкою, оскільки раніше вважалося, що вона буде поводитися як ідеальний газ [7].

У майбутньому планується побудова кварк-глюонного фентоскопу, щоб картографувати розташування, характер руху та розміри кварків та глюонів у середині протонів та нейтронів. Такі карти дозволятимуть аналізувати кореляції між частинками, що виникають у процесі зіткнень важких іонів, і отримувати інформацію про розміри та форму області випромінювання частинок [8]. Лабораторія імені Джеферсона шукає кошти та схвалення уряду на спорудження такого фентоскопу, де електрони стикатимуться з поляризованими протонами та ядрами свинцю, які буде прискорено фактично до швидкості світла [9]. Цей пристрій може не лише відповісти на питання про природу сильної взаємодії, а й відкрити двері до нового розуміння матерії у Всесвіті.

Вивчення кварк-глюонної плазми є надзвичайно важливим для розуміння того, як утворився наш Всесвіт, з яких частинок він побудований і як взаємодіють ці частинки. Цей стан матерії дозволяє вивчити найперші моменти існування Всесвіту та перевірити фундаментальні теорії фізики. Відтворення й дослідження кварк-глюонної плазми у лабораторіях – це складне завдання, але саме воно наближає нас до відповіді на запитання про будову матерії, природу сильної взаємодії та межі дії елементарних частинок.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Кварк-глюонна плазма. (n.d.). *Bikinedia*. https://uk.wikipedia.org/wiki/Кварк-глюонна_плазма
- [2] Сильна взаємодія. (n.d.). *Bikinedia*. https://uk.wikipedia.org/wiki/Сильна_взаємодія
- [3] Адрон. (n.d.). *Bikinedia*. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Адрон>
- [4] ATLAS observes top quarks in lead-lead collisions. (n.d.). *ATLAS Experiment at CERN*. <https://atlas.cern/Updates/Briefing/Observation-Top-PbPb>
- [5] The 1st microsecond of the Big Bang. (n.d.). *EarthSky*. <https://earthsky.org/space/1st-microsecond-of-the-big-bang/>
- [6] ALICE. (n.d.). *CERN*. <https://home.web.cern.ch/science/experiments/alice>
- [7] How particles of light may be producing drops of the perfect liquid. (n.d.). *U.S. Department of Energy*. <https://www.energy.gov/science/articles/how-particles-light-may-be-producing-drops-perfect-liquid>
- [8] Femtoscopy using Lévy-distributed sources at NA61/SHINE. (2024). *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2410.13975>

[9] Professor Puckett's group prepares new measurements of "femtoscopic" neutron structure at Jefferson Lab. (2021). *University of Connecticut Department of Physics*. <https://physics.uconn.edu/2021/08/10/professor-pucketts-group-prepares-new-measurements-of-femtoscopic-neutron-structure-at-jefferson-lab/>

Проволовська Д.В., Ткаченко Р.В., Іванова І.М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: darinaprowolowska@gmail.com*

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АДРОННИХ СТРУМЕНІВ В СУЧАСНИХ КОЛАЙДЕРАХ: ТЕОРІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Анотація. Розглянуто адронні струмені як ключовий інструмент для дослідження взаємодії частинок на сучасних колайдерах, зокрема на Великому адронному колайдері (БАК). Адронні струмені утворюються внаслідок адронізації кварків і глюонів, що відбувається через механізм конфайнменту у квантовій хромодинаміці (КХД). Описано методи реконструкції струменів за допомогою алгоритмів кластеризації $k_{\perp}$ та анти- $k_{\perp}$, Cambridge-Aachen) та технік, таких як Soft Drop, Trimming, Mass Drop Tagging, а також застосування кореляційних функцій енергії (ECF). Особливу увагу приділено методам аналізу струменів, зокрема кореляційним дослідженням та вивченню підструктури струменів. Розглянуто використання методу Монте-Карло (PYTHIA, HERWIG, SHERPA) для моделювання процесів струменеутворення. Обговорено сучасні підходи до реконструкції та алгоритмам Монте-Карло, дослідження струменів на адронних колайдерах.

Annotation. This paper considers hadron jets as a key tool for studying particle interactions at modern colliders, particularly at the Large Hadron Collider (LHC). Hadron jets are formed due to the hadronization of quarks and gluons, which occurs through the confinement mechanism in quantum chromodynamics (QCD). Methods for jet reconstruction using clustering algorithms ($k_{\perp}$ and anti- $k_{\perp}$, C-A) and techniques such as Soft Drop, Trimming, Mass Drop Tagging, and energy correlation functions (ECF) are described. Particular attention is paid to methods for jet analysis, particularly correlation studies and the study of the substructure of jets. The use of Monte Carlo methods (PYTHIA, HERWIG, SHERPA) for modelling jet formation

processes. Modern approaches to reconstruction, Monte Carlo algorithms, and research on jets in hadron colliders are discussed.

Ключові слова: *Адронні струмені, фізика частинок, метод Монте-Карло.*
Keywords: *Hadronic jets, particle physics, Monte Carlo method.*

Адронні струмені – інструмент для репрезентації адронних дощів в детекторі, які своєю чергою утворюються під час зіткнень частинок і є каскадом вторинних частинок, що утворюються в результаті взаємодії високоенергетичної частинки зі щільною матерією, вимірюються в адронних колайдерах та вивчаються з метою визначення властивостей вихідних кварків та глюонів. [1]

Частинки, що несуть кольоровий заряд, тобто кварки та глюони, не можуть існувати у вільному стані, що пояснюється законами квантової хромодинаміки (КХД), яка допускає лише безбарвні стани. Коли протони стикаються при високих енергіях, кожен із їхніх кольорових заряджених компонентів забирає частину кольорового заряду. [2]

Відповідно до параметра, що зветься конфайнментом, фрагменти частинок створюють навколо себе інші кольорові об'єкти, утворюючи безбарвні адрони. [3,4] Сукупність цих об'єктів називається струменем, оскільки всі фрагменти прагнуть рухатися в одному напрямку, утворюючи вузький «струмінь» частинок.

До методів струменевого аналізу відносять реактивну кореляцію, маркування смаку (наприклад, b-мітки) та струменеву підструктуру. [5]

Реконструкція адронних струменів за допомогою алгоритмів кластеризації $k_{\perp}$ та анти- $k_{\perp}$ (Кембридж-Аахенівський, K-A), а також доповнюючі алгоритми техніки м'якої краплі (англ. *Soft Drop*) і підстригання (англ. *Trimming*), мітки масового падіння (англ. *Mass drop Tagging*), кореляційні функції енергії (англ. *Energy Correlation Functions (ECF)*) тощо, допомагає описати важливі аспекти поведінки кварків та глюонів. [6]

Є декілька видів адронних струменів, що в основному визначаються хронологією взаємодії між кварками чи глюонами, смаками (верхні, нижні, дивні тощо), енергіями (низько- та високоенергетичні джети), кратністю (високо- та низько-кратні), формою (широкі та вузькі), зарядом (заряджені чи нейтральні), субструктурою (прості, складні), масою (високі чи низькі маси) та поперечним імпульсом p_T (“низько- p_T ” та “високо- p_T ” струмені). [7]

Метод Монте-Карло моделює розпад глюонів і утворення кварк-антикваркових пар. Такі алгоритми, як PYTHIA, HERWIG, або SHERPA, моделюють ці процеси на основі експериментально підтверджених моделей КХД (квантової хромодинаміки). Метод Монте-Карло дозволяє описати кластеризацію струменів, корекцію детекторних ефектів для перевірки алгоритмів реконструкції й застосовується для детекторних симуляцій. [8]

Завдяки методам реконструкції та алгоритмам Монте-Карло, дослідження струменів на прискорювачах дає змогу точніше ідентифікувати частинки та вивчати процеси поза Стандартною моделлю.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Cherman, A., Jacobson, T., Sen, S., & Yaffe, L. G. (2010). Line operators, vortex statistics, and Higgs versus confinement dynamics. *Physical Review D*, 82(10), 105022. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.82.105022>
- [2] Catani, S., & Zeppenfeld, D. (1993). Jet algorithms. *Nuclear Physics B*, 406(1), 187–224. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(93\)90169-Z](https://doi.org/10.1016/0550-3213(93)90169-Z)
- [3] Cui, Y., Han, Z., & Schwartz, M. D. (2011). W-jet tagging: Optimizing the identification of boosted hadronically-decaying W bosons. *Physical Review D*, 83(7), 074023. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.83.074023>
- [4] Fedkevych, O., Khosa, C. K., Marzani, S., & Sforza, F. (2020). Identification of b jets using QCD-inspired observables. *Physical Review D*, 101(3), 034022. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.034022>
- [5] Jung, H. (2006). Lectures on Quantum Chromodynamics. DESY. Retrieved November 20, 2024, from <https://www.desy.de/~jung/qcd>
- [6] Jung, H. (2007). Jet Hadronization at LHCb. QCD & Collider Physics III: LHC. CERN. Retrieved November 20, 2024, from <https://cds.cern.ch>
- [7] Kogler, R., Nachman, B., Schmidt, A., Asquith, L., Winkels, E., Campanelli, M., Delitzsch, C., Harris, P., & Hinzmann, A. (2018). Jet substructure at the Large Hadron Collider. *Reviews of Modern Physics*, 91(4), 045003. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.91.045003>
- [8] Salam, G. P. (2010). Towards jetography. Retrieved November 20, 2024, from <https://arxiv.org/abs/0906.1833>

Цутевич П.А., Котовський В.Й.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: tsutevych.polina@lil.kpi.ua*

СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ПРИЛАДІВ

Анотація. У доповіді проаналізовано сучасний стан та тенденції розвитку світового ринку тепловізійних приладів. Розглянуто основні напрями застосування тепловізорів у медицині, промисловості, військовій галузі та системах безпеки. Описано технологічні переваги сучасних приладів. Досліджено вплив економічних чинників на конкурентоспроможність виробників тепловізійної техніки. Виявлено потенційні напрями подальших розробок.

Abstract. The report analyzes the current state and development trends of the global thermal imaging device market. The primary areas of thermal imaging application in medicine, industry, military, and security systems are examined. The technological advantages of modern thermal imaging equipment are described. The influence of economic and regulatory factors on the competitiveness of thermal imaging manufacturers is studied. Potential directions for future developments have been identified.

Ключові слова: тепловізійні прилади, інфрачервона термографія, неінвазивна діагностика, ринкові тенденції.

Keywords: thermal imaging devices, infrared thermography, non-invasive diagnostics, market trends.

У сучасних умовах стрімкого розвитку, зростання потреб у неруйнівних (неінвазивних) методах діагностики та постійне вдосконалення відповідних технологій сприяють значному розширенню ринку тепловізійних приладів. Тепловізори знаходять застосування у медицині, військовій сфері, промисловості та системах безпеки, що робить їх важливим елементом сучасного світу [1], [2]. Провідними країнами у виробництві тепловізійних приладів є США, Німеччина, Японія, Велика Британія, Франція, Швеція та Китай. Завдяки значним інвестиціям у дослідження і розробки, ці країни впроваджують інноваційні рішення та технології. Серед провідних компаній на світовому ринку можна

відзначити FLIR Systems, L3Harris, Testo та Seek Thermal, продукти яких задають тенденції розвитку тепловізійних приладів.

Таблиця 1.1 - Популярні виробники та їх моделі.

Виробник	США, FLIR Systems	США, L3Harris	Німеччина, Testo	США, Seek Thermal
Модель	FLIR E4 	L3Harris SLS MWIR Camera Core 	Testo 885 	Seek CompactPRO 

Основною перевагою тепловізійних приладів є можливість безконтактного вимірювання температурних полів об'єктів. Сучасні прилади працюють за принципом перетворення інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, яке природно випромінюється тілом, у видиме зображення [3]. Чутливі матриці сенсорів здатні фіксувати навіть незначні зміни температури з точністю до 0,1 °C, а спеціальне програмне забезпечення показує отримані дані у вигляді чорно-білих і кольорових цифрових зображень. Завдяки цьому користувач може оцінити розподіл температури на поверхні об'єкта досліджень, що дозволяє своєчасно виявляти теплові аномалії, як у промисловому обладнанні, так і при медичних обстеженнях [2], [3].

Тепловізори працюють у різних спектральних діапазонах. Пристрої в діапазоні 3–5 мкм забезпечують високу температурну чутливість, проте потребують ретельного контролю умов експлуатації через залежність від зовнішніх факторів. Натомість пристрої в діапазоні 8–14 мкм демонструють більшу стабільність, що забезпечує їх широке застосування у медицині, де важлива точність вимірювання за різних умов навколишнього середовища [1], [4].

Розвиток ринку тепловізійних приладів обумовлений інноваціями в галузі неохолоджуваних матричних технологій. Нові рішення дають змогу зменшити енергоспоживання і спростити конструкцію приладів, що знижує собівартість та

сприяє широкому впровадженню тепловізійних технологій в промисловість, галузь безпеки та медицину [2], [5]. Водночас удосконалення алгоритмів обробки зображень значно підвищує чутливість і точність аналізу термограм, дозволяючи автоматизувати оцінку отриманих даних [3]. Зростання інвестицій у дослідження та стандарти сертифікації стимулюють підвищення конкурентоспроможності виробників тепловізійної техніки [2], [3].

Перспективи подальшого розвитку ринку тепловізійних приладів полягають в їх співпраці з неінвазивними методами діагностики, такими як ультразвукові дослідження або комп'ютерна томографія. Такий підхід дозволяє створювати комплексні системи, здатні надавати широкий спектр даних та проводити всебічну оцінку стану об'єкта, що має важливе значення для сучасної медицини, промисловості та безпеки [5], [6]. Тепловізійні камери преміум-класу можуть також пропонувати такі функції, як передача даних через Wi-Fi/Bluetooth, щоб забезпечити пряму передачу у даних на смартфони, планшети або комп'ютери для більш універсального аналізу та звітності. Актуальними є розробки портативних та мобільних тепловізійних систем, які можна застосовувати в польових умовах або під час виїзних обстежень, що сприяє зростанню обсягів продажів.

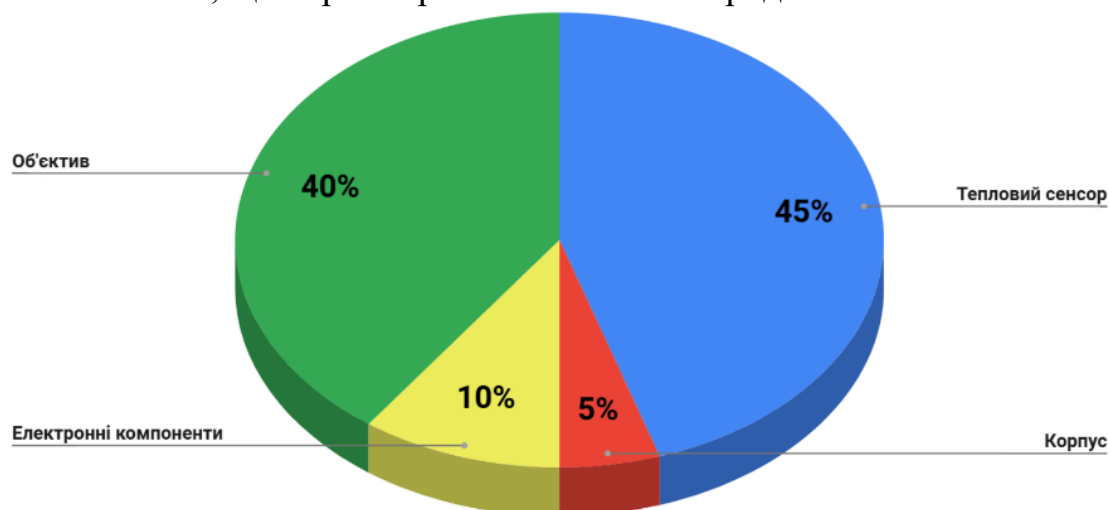


Рисунок 1.1 - Розподіл загальної вартості термографа.

Приблизно 90% загальної вартості становить об'єктив і матриця, вони є основними елементами термографа. Матриця досить складна у виробництві, але її ціна може з часом знизитися. Ситуація з об'єктивами значно складніше. У виробництві об'єктивів застосовують рідкісні і дорогі матеріали, такі як наприклад германій, тому у теперішній час ведеться постійний пошук дешевих і

придатних для цього матеріалів. Таким чином, світовий ринок тепловізорів продовжує стрімко розвиватися.

Очікується, що до 2030 року ринок тепловізорів у Північній Америці перевищить 3 млрд доларів через підвищені вимоги до громадської безпеки. Також за період 2020–2030 років зросте використання тепловізорів у медицині на 12%, неінвазивне обстеження за допомогою тепловізорів набуває популярності у медичному середовищі. Вже зараз тепловізори застосовують у великих аеропортах США, Китаю та Японії для дистанційного виявлення пасажирів із підвищеною температурою тіла. Крім того, розширяться застосування тепловізійних систем у військово-промисловій та нафтогазовій сферах. У найближчі роки лідерами цього ринку залишатимуться США та Китай.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Kaplan, H. (2007). *Practical applications of infrared thermal sensing and imaging equipment*. Bellingham, WA: SPIE Press. <https://spie.org/Publications/Book/748833?SSO=1>
- [2] Venger, Y. F., Dunaievsky, V. I., Kotovskyi, V. Y., Bolgarska, S. V., Kyslyi, V. P., Tymofeyev, V. I., ... & Nazarchuk, S. S. (2021). Infrared thermography as an effective tool for research and industrial application. *Science and Innovation*, 17(5), 20–33. <https://doi.org/10.15407/scine17.05.020>
- [3] Minkina, W., & Dudzik, S. (2009). *Infrared thermography: Errors and uncertainties*. John Wiley & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470682234>
- [4] Ibarra-Castanedo, C., Galmiche, F., Darabi, A., Pilla, M., Klein, M., Ziadi, A., ... & Maldague, X. P. (2003). Thermographic nondestructive evaluation: Overview of recent progress. *Thermosense XXV*, 5073, 450–459. <https://doi.org/10.1117/12.500921>
- [5] Maldague, X. P. (2012). *Nondestructive evaluation of materials by infrared thermography*. Springer Science & Business Media. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-3651-3>
- [6] Hsiao, Y. S., & Deng, C. X. (2016). Calibration and evaluation of ultrasound thermography using infrared imaging. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 42(2), 503–517. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.09.021>

РОЗДІЛ IV

РОЗВИТОК ОСВІТИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ. МЕТОДОЛОГІЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК

Белиба К. А., Селезнєва Н. П.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: kvitabel3@gmail.com,*

ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ В ТЕХНІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ

Анотація. У статті розглянуто основні виклики та можливості дистанційного навчання в технічних університетах. Проаналізовано проблеми практичної підготовки, технічні та організаційні виклики, а також перспективи використання цифрових технологій, віртуальних лабораторій та змішаних форматів навчання. Запропоновано шляхи вдосконалення дистанційної освіти у сфері технічних дисциплін.

Abstract. The article examines the main challenges and opportunities of distance learning in technical universities. It analyzes issues related to practical training, technical and organizational challenges, and the prospects of using digital technologies, virtual laboratories, and blended learning formats. The paper proposes ways to improve distance education in technical disciplines.

Ключові слова: дистанційне навчання, технічна освіта, онлайн-освіта, віртуальні лабораторії, цифрові технології, змішане навчання.

Keywords: online study, technical education, online education, virtual laboratories, digital technologies, blended study.

Пандемія COVID-19 спричинила тимчасовий перехід університетів по всьому світу на онлайн-навчання, що стало викликом для освітніх систем. В Україні ситуація погіршилася з початком повномасштабної війни у 2022 році. Конфлікт змусив багато університетів повністю або частково перейти на дистанційний формат навчання задля продовження занять.

Такий формат передбачає, що викладачі та студенти з'єднуються з різних місць завдяки інтернету, досягаючи тих самих цілей, що й у традиційних класах, але значною мірою покладаючись на технології. На відміну від заочних курсів, онлайн-навчання передбачає безперервний інтерактивний зворотній зв'язок з використанням сучасних засобів комунікації. [1]

Сьогодні технічні університети використовують два основні типи онлайн-навчання: синхронне, коли заняття відбуваються наживо, і асинхронне, коли студенти отримують доступ до матеріалів пізніше через відповідні застосунки та електронну пошту. Це суттєво змінило взаємодію між студентом і викладачем, оскільки викладачі тепер більше зосереджуються на наставництві та спрямуванні. [2]

Наразі в Україні, під час повномасштабної війни, адаптація до онлайн-навчання за таких обставин, як повітряна тривога чи відключення електроенергії, є великим випробуванням для студентів. Дослідження Федосова Сергія Никифоровича висвітлює проблеми викладання фізики в режимі онлайн. Обмежене обладнання, нестабільний інтернет, проблеми з електроживленням та стрес значно впливають на якість освіти. Ці труднощі вимагають вдосконалення методів викладання, щоб підтримувати високу якість освіти у складні часи. Подібні проблеми виникають і з іншими технічними предметами, де нестабільний інтернет, відсутність доступу до лабораторій і складність проведення практичних експериментів онлайн впливають на засвоєння студентами складних тем. [3]

Незважаючи на ці виклики, онлайн-навчання має такі переваги, як гнучкість та адаптивність. Дистанційний формат дозволяє знизити вартість навчання, оскільки студентам не потрібно витратитися на проживання чи транспорт до університету. Студенти можуть навчатися у власному темпі, відповідно до особистих та професійних потреб, отримуючи більш індивідуальний навчальний досвід. [4]

Попри наявні виклики, онлайн-навчання має низку переваг, серед яких варто відзначити гнучкість і адаптивність. Дистанційний формат сприяє зниженню вартості освіти, оскільки студенти позбавлені необхідності витрат на проживання чи транспорт до місця навчання. Вони мають можливість опановувати матеріал у власному темпі, відповідно до особистих та професійних потреб, що забезпечує більш індивідуалізований освітній досвід [4].

Незважаючи на труднощі, онлайн-освіта в Україні має значний потенціал розвитку. Вимушені умови стимулюють заклади вищої освіти до впровадження інноваційних технологій, які дозволяють забезпечувати якісне навчання у дистанційному форматі. Поєднання онлайн-лекцій із практичними заняттями або використання цифрових лабораторій є ефективним засобом подолання дефіциту матеріально-технічної бази, що є особливо актуальним для технічних спеціальностей.

Важливими напрямками вдосконалення онлайн-освіти є розвиток цифрових інструментів, стабілізація інтернет-з'єднання, забезпечення

резервного електропостачання, а також надання необхідного обладнання як студентам, так і викладачам. Модернізація навчальних платформ та впровадження кращих міжнародних практик сприятимуть підвищенню якості освітнього процесу. Успішна реалізація зазначених стратегій здатна інтегрувати онлайн-освіту як сталу складову освітньої системи України навіть у післявоєнний період.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Голинський, Ю. О. (2021). Дистанційна освіта як вимога сьогодення. *Дистанційне навчання у ЗВО: моделі, технології, перспективи* (с. 22–26). <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/08/KRUHLYY-STIL-RP-2021.pdf>
- [2] Гальона, І. І. (2022). Дистанційне навчання у закладах вищої освіти: виклик чи нові можливості? *Scientific and pedagogical internship “Traditional education and technological challenges of modernity in the process of teaching pedagogical and psychological sciences in EU”* (с. 19–22). <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/285/7837/16383-1>
- [3] Федосов, С. Н. (2024). Особливості викладання фізики в технічних університетах під час повномасштабної війни проти України. *Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-методичної конференції* (с. 136–141). <http://dspace.pdpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/21580/1/Collection%20of%20materials%20of%20the%20All-Ukrainian%20Scientific%20and%20Methodological.pdf#page=136>
- [4] Блащук-Дев'яткіна, Н. З. (2021). Дистанційне навчання як окремий фрагмент особливої педагогічної технології в організації освітнього простору. *Дистанційне навчання у ЗВО: моделі, технології, перспективи* (с. 7–10). <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/08/KRUHLYY-STIL-RP-2021.pdf>

Гавриленко А. М., Скіцько І.Ф.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: havrylenko.andrii02@gmail.com*

ПРО ТЕОРЕМУ ЄДИНОСТІ В ЕЛЕКТРОСТАТИЦІ

***Анотація.** Доповідь містить науково-методичне обґрунтування теореми єдиності розподілу електричного заряду на провіднику, яке застосовується в освітньому процесі.*

Abstract. *The report contains scientific and methodological proof of the uniqueness theorem on the distribution of charge along a conductor, which is used in the educational process.*

Ключові слова: *Провідники в електричному полі. Розподіл зарядів в провідниках.*

Keywords: *Conductors in an electric field. Distribution of charges to conductors.*

Поняття електроємності ізольованого провідника вводиться як відношення його заряду q до його потенціалу φ . Цю величину $C = q/\varphi$ вважаємо сталою для усамітненого провідника та називаємо електроємністю. Вона залежить від геометричних характеристик – розмірів і форми провідника, проте не залежить від агрегатного стану речовини, хімічного складу матеріалу, наявності порожнин усередині тощо. Пояснимо, чому це можливо [1].

Характерною особливістю металів (провідників) є наявність великої кількості “вільних” носіїв заряду (електронів). Наприклад, у міді концентрація електронів становить приблизно $8,5 \times 10^{28} \text{ м}^{-3}$. Це зумовлює високу електропровідність металів та рівноважний розподіл заряду на провідниках.

Це означає, що:

- електричне поле всередині провідника відсутнє, інакше відбувався би безперервний рух вільних електронів з однієї ділянки в іншу;
- провідник є областю сталого значення електричного потенціалу, адже вектор напруженості електричного поля визначається як $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$;
- силові лінії електричного поля завжди перпендикулярні до еквіпотенційних поверхонь, зокрема до зовнішньої поверхні провідника;
- для провідників будь-якої форми справедливо, що весь наданий їм електричний заряд розподіляється виключно на поверхні, оскільки за наявності заряду всередині виникло б внутрішнє електричне поле, що суперечить умові електростатичної рівноваги.

Надамо провіднику деякий позитивний заряд q . Виникає питання: *чи єдиним чином весь цей заряд може розподілитися по поверхні провідника?* Відповідь на це питання і є змістом теореми єдиності в електростатиці [2].

Доведення теореми. Припустимо, що заряд q може розподілятися на провіднику двома різними способами, тобто існують два відмінні розподіли заряду q на поверхні провідника. Позначимо ці розподіли як D_1 і D_2 .

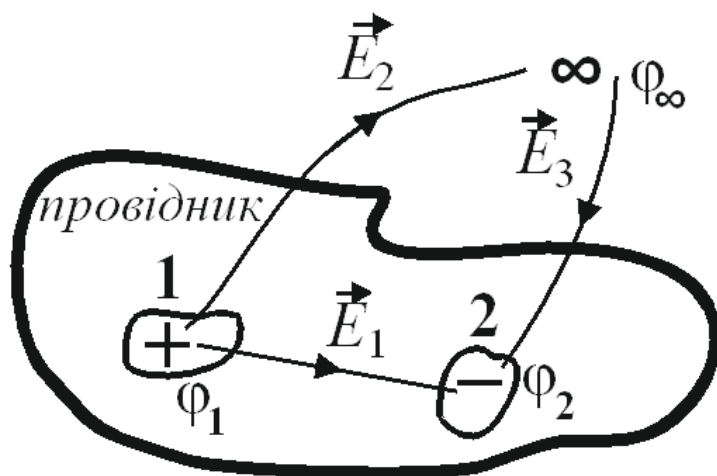
Якщо тому самому (спочатку незарядженому) провіднику надати заряд $-q$, то серед його можливих рівноважних розподілів на поверхні існуватимуть

D'_1 і D'_2 , які відрізнятимуться від D_1 та D_2 лише зміною знаків відповідних зарядових елементів у кожній точці поверхні провідника на протилежні. Дійсно, сили взаємодії між зарядами у конфігураціях D_1 (D_2) є силами електростатичного відштовхування між елементарними поверхневими зарядами. Зміна знаків усіх зарядів призводить до збереження модулів цих сил, хоча їх напрямки змінюються. Внаслідок цього кожен елементарний заряд залишається в рівновазі. Водночас електричне поле у кожній точці простору зовні провідника змінює свій напрямок на протилежний, що не впливає на стан рівноваги зарядів на поверхні. Таким чином, конфігурація D'_1 (D'_2) теж буде рівноважною.

Тепер припустімо, що заряд q наданий провіднику, розподілився відповідно до конфігурації D_1 . «Закріпімо» цей розподіл і надамо провіднику заряд $-q$ так, щоб він розподілився по конфігурації D'_2 . Згідно з принципом суперпозиції, сумарний заряд провідника дорівнює нулю, система перебуває у стані рівноваги, і жодного перетікання зарядів по поверхні не відбувається.

Однак у цьому випадку, попри те, що сумарний заряд дорівнює нулю, на поверхні провідника існують ділянки з протилежними зарядами: одна область (1) заряджена позитивно, а інша (2) – негативно (див. рисунок). Розглянемо силову лінію електричного поля $\vec{E}$, яка виходить із позитивно зарядженої області (1).

1) Оскільки провідник є усамітненим, силова лінія електричного поля може або закінчуватися на його поверхні (позначимо її як $(\vec{E}_1)$), або прямувати на нескінченність ($\vec{E}_2$). Якщо ця лінія закінчується на провіднику, то між точками її початку (область 1) та кінця (область 2) повинна існувати різниця потенціалів $\varphi_1 - \varphi_2$. Проте така ситуація є неможливою, оскільки в стані



електростатичної рівноваги поверхня провідника є екіпотенціальною.

2). Якщо ж силова лінія $\vec{E}_3$ входить у негативно заряджену область (2) з нескінченності, де потенціал має фіксоване значення φ_∞ , то цей потенціал буде вищим за потенціал області (2), тобто $\varphi_\infty > \varphi_2$.

Якщо силова лінія $\vec{E}_2$ із позитивно зарядженої області (1) закінчується на нескінченності, то її потенціал φ_1 вищий потенціалу φ_∞ на нескінченності, який є вищий потенціалу φ_2 негативно зарядженої області (2). Отже, і в цьому

випадку між позитивно зарядженою областю (1) та негативно зарядженою областю (2) виникає різниця потенціалів $\varphi_1 - \varphi_2 \neq 0$. Це суперечить умові електростатичної рівноваги, за якої вся поверхня провідника повинна бути еквіпотенціальною.

Отже, припущення про існування двох різних рівноважних розподілів заряду на провіднику призводить до суперечності, а тому є хибним. Таким чином, розподіл заряду на провіднику єдине можливий.

Це означає, що якщо провіднику надати заряд q , то на його поверхні встановиться певна густина заряду σ , значення якої є різним у кожній точці поверхні. Якщо провіднику надати ще один такий самий заряд q , то густина заряду у кожній точці збільшиться вдвічі, і так далі, залежно від величини заряду.

Ця властивість і дозволяє ввести поняття електроємності провідника: оскільки відношення заряду q до потенціалу φ залишається сталою величиною, то ця стала і визначається як електроємність провідника.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Кучерук, І. М., Горбачук, І. І., & Луцик, П. П. (2001). *Загальний курс фізики. Електрика й магнетизм. Том 2* (с. 56–61). Київ: Техніка.
- [2] Скіцько, І. Ф., & Скіцько, О. І. (2017). *Фізика для інженерів* (с. 51–53). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19035>

Гуленко М. О.

*Національна наукова сільськогосподарська бібліотека
НААН, Київ, вул. Героїв Оборони, 10
email: mhulenko@ukr.net*

УКРАЇНСЬКА ГОСПОДАРСЬКА АКАДЕМІЯ В ПОДЄБРАДАХ – УСПІШНО РЕАЛІЗОВАНИЙ ПРОЄКТ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ В ЕМІГРАЦІЇ У 1922–1935 РР.

Анотація. Тези присвячені передумовам виникнення і діяльності Української господарської академії в Подєбрадах (УГА), патріотичним цілям освітнього процесу в УГА, висвітлено важливі аспекти її діяльності.

Abstract. The theses are devoted to the prerequisites for the emergence and activity of the Ukrainian Academy of Economics in Poděbrady (UAE), the patriotic goals of the educational process at the UEA, and highlight important aspects of activity of the UEA.

Ключові слова: *Українська господарська академія, еміграція, освіта.*

Keywords: *Ukrainian Academy of Economics, emigration, education.*

У період становлення більшовицького режиму, політичні репресії в Україні призвели до масової еміграції на Захід сотень діячів освіти, науки й культури, тисяч молодих інтелектуалів [1]. Закордоном вони шукали нагоди кооперації з європейськими діячами, їх організаціями та урядами, для продовження боротьби за свою державність. Важливу роль у цьому відіграло створення науково-освітніх установ, які надовго стали центром для об'єднання українських студентів у еміграції.

Однією з таких освітніх інституцій була Українська господарська академія (УГА), заснована українськими емігрантами за активного сприяння уряду Чехословаччини на чолі з Томашем Масариком. У цьому контексті варто розглянути які цілі стояли за створенням УГА, а також який науковий і суспільний внесок вона зробила для Чехословаччини, Європи та України.

Завдяки сприятливій політиці тамтешнього уряду на початку 1920-х років в Чехословаччині було засновано ряд громадських організацій, що стимулювало високу концентрацію тут українських емігрантів, особливо молоді. Серед студентства досить скоро склався запит на вищу технічну сільськогосподарську освіту, і на державному рівні було вирішено заснувати самостійний вищий навчальний заклад технічного напрямку із трьома основними напрямками агротехнічної освіти: агротехнічно-лісовий, сільськогосподарсько-інженерний та економічно-кооперативний. Ректором став І. Шовгенів (1874–1943) – український гідротехнік і меліоратор, проректором – Б. Іваницький (1878–1953) – фахівець у галузі лісівництва, геоботанік, громадський діяч і засновник української школи лісівників, секретарем професорської ради був доцент Іродіон Шереметинський (1873–1937), ветеринарний лікар, директор Департаменту ветеринарії уряду УНР. Українська сільськогосподарська академія розпочала свою діяльність 22 квітня 1922 року в Подєбрадах. Її статут було затверджено 16 травня 1922 року згідно із ухвалою Міністерства Хліборобства Чесько-Словацької Республіки за числом 35168-1а виданого на підставі закону від 9 квітня 1920 року. (ч. 238 збір зак. розпоряджень), згідно якого УГА визначалася як приватна школа з «високошкільською організацією» в справах адміністрування школою, формами занять та проведення іспитів вона визначалась як «національна висока фахова школа», що ставила своїм завданням підготувати для України вчених агрономів, лісівників, економістів, кооператорів, статистиків, меліораторів, гідротехніків та технологів [2]. Лектуру очолювали провідні вчені різних галузей знань: з лісівництва – Б. Іваницький, М. Косюра, С.

Колубаєв; з економічних наук – В. Тимошенко, М. Добриловський, В. Іванис; із соціології, статистики – О. Бочковський, В. Старосольський, Ф. Щербина; з технічних наук – С. Комарецький, М. Вікул, І. Труба та ін. [1].

Матеріально-технічна база цього вузу складалася з 33 профільних кабінетів, 2 дослідних ферм, 1 лісового розсадника, метеорологічної станції, 4 термінологічних комісій, 2 навчальних кооперативів. Це дозволило УГА досить швидко стати одним із провідних галузевих науково-освітніх центрів не тільки Чехословаччини, а і Європи. Друкований доробок професорсько-викладацького складу вузу тільки на 1 січня 1931 року. досягав 28 845 публікацій. Викладачами УГА були майже 90 провідних для свого часу учених та освітян, які практично всі емігрували з України. [3]. За час функціонування УГА освіти в ній здобули зі званням інженера 569 осіб: агрономів – 125, лісівників – 92, хіміків-технологів – 58, гідротехніків та економістів-кооператорів – 167. Більшість студентів до 1926 – 1927 років отримувала стипендію від чехословацького уряду [4]. Випускники УГА знайшли роботу у 16 різних країнах, найбільше – у Чехії і тодішній Польщі на сучасних західноукраїнських землях [5]. Як Чехію, так і Україну своїми новітніми відкриттями для потреб аграрного сектору у свій час прославили: К. Мацієвич, Ю. Русов, Б. Іваницький, В. Тимошенко та інші. Їхні здобутки отримали прижиттєве визнання чисельними медалями та дипломами різних виставок Чехословаччини у 20–30-х років ХХ століття. [3].

У 1928 році УГА повністю перейшла у підпорядкування Міністерства хліборобства Чехословаччини, яке майже одразу після цього заборонило подальший набір нових студентів та поставило перед керівництвом УГА завдання щодо її поступової ліквідації до кінця 1931/1932 навчального року. Зусилля зі збереження Академії не дали результатів. Офіційно її ліквідували відповідно до постанови Ради міністрів ЧСР від 31 грудня 1935 р. та наказу Міністерства хліборобства від 1 січня 1936 р., а її спадкоємцем став Український технічно-господарський інститут в Подєбрадах, що продовжив діяльність як заочна вища політехнічна школа [2].

Заснування такого українського закладу вищої технічної освіти за кордоном як УГА мав ряд важливих позитивних наслідків. Українська молодь з Великої України, Західної України, Кубані, Буковини а також Зеленого Клину отримала вищу технічну освіту і якісні можливості для професійної реалізації. УГА стала великим осередком розповсюдження української наукової думки, а також значним центром єднання українських патріотів України, таким чином повністю виконавши цілі свого заснування.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Щебетюк, Н. Б. (2013). Чеська сільськогосподарська книга у фондах ННСГБ НААН: Історія та сучасність. *Історія науки і біографістика*, (1). https://inb.dnsgb.com.ua/2013-1/13_stebetuk.pdf
- [2] *Українська господарська академія в Чехословацькій республіці*. (1928). Подебради, 64 с. <https://diasporiana.org.ua/wp-content/uploads/books/21328/file.pdf>
- [3] Вергунов, В. А. (2013). Сільськогосподарська дослідна справа Чехії та України: З історії взаємин. *Історія науки і біографістика*, (1). https://inb.dnsgb.com.ua/2013-1/13_vergunov.pdf

Золота М. М., Дімарова О. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: m.zolota.zf41.fbmi28@lil.kpi.ua*

РОЛЬ ФІЗИКИ У СНАЙПЕРСЬКІЙ МАЙСТЕРНОСТІ

Анотація. Розглянуто застосування фундаментальних законів фізики у снайперській майстерності, вплив балістики, аеродинаміки, теплових явищ, балістичних калькуляторів та прецесії і нутації на точність снайперського пострілу.

Abstract. The application of fundamental laws of physics in sniper marksmanship is considered; the influence of ballistics, aerodynamics, thermal phenomena, ballistic calculators, precession, and nutation on the accuracy of a sniper shot is analyzed.

Ключові слова: снайперська майстерність, балістика, аеродинаміка, балістичний калькулятор, теплові міражі, прецесія, нутація

Keywords: sniper marksmanship, ballistics, aerodynamics, ballistic calculator, thermal mirages, precession, nutation

Снайперська майстерність є складним видом діяльності, який поєднує високий рівень володіння зброєю, тактичну підготовку, психологічну стійкість та глибоке розуміння фізичних процесів, що визначають точність пострілу. Ефективність снайпера безпосередньо залежить від його здатності враховувати й компенсувати численні фізичні чинники, що впливають на політ кулі [2].

Одним із ключових аспектів є зовнішня балістика, яка вивчає рух кулі після виходу зі ствола. На траєкторію кулі впливає насамперед сила тяжіння, що змушує її рухатися по параболичній траєкторії. Однак, на реальний політ кулі значно впливає опір повітря (рис.1), величина якого залежить від швидкості кулі, її форми (аеродинамічного коефіцієнта) та густини повітря [3]. Зі збільшенням дальності стрільби вплив опору повітря стає критичним, спричиняючи значне зниження швидкості та відхилення кулі від початкової траєкторії[2].

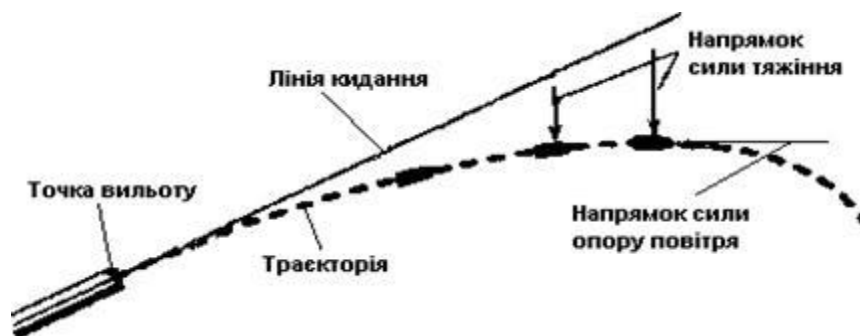


Рис. 1. Дія сили тяжіння та опору повітря на політ кулі [5]

Аеродинамічні характеристики кулі визначаються її балістичним коефіцієнтом, який залежить від маси, діаметра та форми кулі. Кулі з вищим балістичним коефіцієнтом краще зберігають швидкість та менше піддаються впливу опору повітря, що є важливим для стрільби на великі дистанції.

Окрім опору повітря та гравітації, на стабільність польоту кулі впливають також складніші аеродинамічні явища, такі як прецесія (повільне обертання осі кулі навколо напрямку польоту) та нутація (коливання осі кулі навколо цього напрямку). Ці ефекти виникають внаслідок дії аеродинамічних сил на кулю, що обертається, та залежать від її форми, швидкості обертання та розподілу маси [3]. Хоча ці явища є більш складними для безпосереднього врахування в польових умовах, їхній вплив частково опосередковується через балістичний коефіцієнт кулі та враховується при калібруванні зброї. Різні калібри патронів мають різні балістичні характеристики, що визначає їхню ефективність для різних завдань та дистанцій [4].

На точність снайперського пострілу значно впливають атмосферні умови, зокрема температура повітря, атмосферний тиск та вологість. Ці параметри впливають на густину повітря, а отже, і на силу опору, що діє на кулю. Крім того, вітер є одним з найскладніших факторів, який необхідно враховувати снайперу. Навіть невеликий бічний вітер може спричинити значне відхилення кулі на великих дистанціях. Для оперативного врахування багатьох балістичних факторів, включаючи погодні умови, сучасні снайпери

використовують балістичні калькулятори, які значно спрощують розрахунок необхідних поправок [2].

Для точного наведення зброї снайпери використовують різноманітні оптичні прицільні пристрої. Розуміння принципів роботи лінз, їх здатності збільшувати зображення та впливу атмосферної рефракції на видиме положення цілі є важливим для уникнення оптичних ілюзій та забезпечення точного прицілювання. Крім того, снайперу необхідно враховувати **теплові** явища, такі як нагрівання ствола та теплові міражі, що можуть впливати на точність стрільби.

Здатність снайпера швидко та точно виконувати розрахунки з урахуванням усіх цих фізичних факторів є критично важливою. Психологічна стійкість та вміння зберігати спокій під час виконання цих розрахунків під тиском також є невід'ємною частиною майстерності [1].

Фізика відіграє визначальну роль у снайперській майстерності. Глибоке розуміння законів балістики, аеродинаміки, оптики, впливу атмосферних умов, теплових явищ, вміле використання балістичних калькуляторів та врахування складніших аеродинамічних явищ, таких як прецесія та нутація, є необхідною умовою для досягнення високої точності та ефективності снайперського вогню на різних дистанціях та за різних умов.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Plaster, J. L. (2006). *The ultimate sniper: An advanced training manual for military and police snipers* (Updated & expanded ed.). Paladin Press.
- [2] Малюк, В. Г., Калита, О. М., & Зюбан, М. І. (2010). Комп'ютерна модель для аналізування факторів, що впливають на політ кулі стрілецької зброї. *Загальні питання експлуатації стрілецької техніки, озброєння, технічних засобів, комплексів та систем*. <https://znp.nangu.edu.ua/article/view/165319/164542>
- [3] Грабчак, В. І., & Бондаренко, С. В. (2013). Аналіз існуючих та перспективних методів визначення сили опору повітря руху снарядів. *Розроблення і модернізація ОБТ*. http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/vtzb_2013_2_5.pdf
- [4] Найпопулярніші калібри та патрони. (2023). *Tactica*. <https://tactica.kiev.ua/samyye-populyarnyye-kalibry-i-patrony.html>
- [5] Зовнішня балістика. (n.d.). *Studopedia*. https://studopedia.com.ua/1_225023_zovnishnya-balistika.html

Кушлик-Дивульська О. І., Сосновська А. В., Райко З. Д.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email: anastasiasosnovska6@gmail.com*

МЕТОДОЛОГІЯ НАВЧАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ НАУК. ОГЛЯД ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРАТИВНОГО ПІДХОДУ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація. Досліджено сучасні методичні підходи до навчання фізико-математичних дисциплін в університетській освіті. Особливу увагу зосереджено на інтегративному підході, який сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу, розвитку критичного мислення та формуванню здатності застосовувати набуті знання в різноманітних контекстах. Розглянуто перспективи використання новітніх технологій, зокрема онлайн-ресурсів, 3D-моделювання та флешкарток, з метою підвищення ефективності навчального процесу.

Abstract. The modern methodological approaches to teaching physical and mathematical disciplines in university education have been explored. The integrative approach focuses on enhancing material comprehension, developing critical thinking, and applying knowledge in various contexts. The possibility of using innovative technologies, such as online resources, 3D modeling, and flashcards, to improve learning efficiency has been considered.

Ключові слова: методологія навчання, фізико-математичні науки, інтегративний підхід, новітні технології, онлайн-ресурси, 3D-моделювання, флешкартки, критичне мислення, вища освіта.

Keywords: teaching methodology, physical and mathematical sciences, integrative approach, latest technologies, online resources, 3D modeling, flashcards, critical thinking, university education.

Освітній процес є фундаментальною основою будь-якого навчального курсу. Його мета полягає у формуванні в студентів глибокого розуміння фундаментальних основ предмета, що вивчається, а також розвитку практичних навичок, зокрема здатності застосовувати здобуті знання та критично мислити. Саме методологія організації навчального процесу відіграє ключову роль у досягненні високих освітніх результатів.

У викладанні фізико-математичних дисциплін для підвищення ефективності навчання активно застосовуються сучасні засоби, зокрема цифрові технології, програмне забезпечення (включно з готовими

програмними продуктами), математичне моделювання та інтегративні методи.

Інтегративний підхід є однією з провідних методик сучасної освіти. Він передбачає поєднання змісту різних навчальних дисциплін задля формування цілісного та системного уявлення про предметну область. Такий підхід сприяє глибшому розумінню навчального матеріалу, розвитку критичного мислення та здатності застосовувати міждисциплінарні знання для розв'язання реальних практичних завдань у різних контекстах.

На практиці освітні завдання є різноманітними та потребують творчого підходу до їх аналізу, що стає можливим завдяки інтеграції знань із різних галузей.

Важливою умовою ефективності інтегративного навчання є впровадження самостійної пошукової діяльності студентів, це сприяє поглибленому розумінню предмета дослідження і мотивує до досконалішого вивчення матеріалу [1].

Інтеграція даного підходу у вивчення фізики та математики через міжпредметні зв'язки та спільні проекти сприятиме формуванню цілісного уявлення про наукові явища і процеси. Студенти краще засвоюватимуть складні концепції та розвиватимуть навички творчого застосування знань [1].

Запровадження цифрових технологій в методiku інтегративного навчання.

У сучасному цифровому та технологічному середовищі недостатньо лише володіти навичками користування технологіями – важливо розуміти, як за їхньою допомогою можна підвищити якість власного життя, розширити професійні можливості та ефективно виконувати робочі завдання [2].

Одним із найпростіших і водночас ефективних способів упровадження інтерактивного навчання є використання відкритих безкоштовних онлайн-ресурсів. Прикладами таких освітніх платформ є: MATLAB, Mathcad, Maple, GeoGebra та PhET Interactive Simulations.

MATLAB використовується для складних обчислень, моделювання фізичних систем, візуалізації та аналізу даних.

GeoGebra є корисним інструментом для візуалізації математичних концепцій і побудови графіків. Він дозволяє експериментувати з математичними об'єктами та спостерігати зміни в режимі реального часу.

PhET Interactive Simulations пропонує інтерактивні симуляції фізичних явищ, які можна ефективно використовувати під час проведення віртуальних лабораторних робіт.

Технології 2D- й 3D-моделювання при вивченні фізико-математичних дисциплін у закладах вищої освіти можуть стати потужним інструментом для підвищення ефективності навчання, а також розвитку критичного мислення у

студентів [2]. Тут цікавими будуть програми Tinkercad — дозволяють легко створювати 3D-моделі та Doodle3D, також перетворювати 2D-малюнки у 3D-моделі. Такі інструменти будуть корисним доповненнями до традиційних методів навчання, адже дозволять студентам не лише візуалізувати, але й взаємодіяти з математичними та геометричними моделями в реальному часі.

Ще одним цікавим та зручним інструментом для запам'ятовування математичних формул, теорем та визначень є *флешкартка*. Ідея методики полягає в інтервальному повторенні, що сприяє ефективному закріпленню знань. Сучасні електронні платформи, такі як Quizlet, дозволяють студентам створювати власні картки, синхронізувати їх з мобільними пристроями та переглядати в будь-який зручний момент [2].

Впровадження сучасних технологій та інтегративного підходу у викладання фізико-математичних дисциплін сприятиме підвищенню якості освіти завдяки поєднанню різноманітних методів та інструментів. Застосування онлайн-ресурсів, 3D-моделювання та флешкарток підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу, стимулює розвиток критичного мислення та формує в студентів здатність встановлювати елементарні зв'язки між теоретичними ідеями та їх практичним застосуванням.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Канівець, І. М., Шаховніна, Н. В., Горда, Т. М., Гриньов, Р. С., & Сторожук, В. А. (2024). Сучасні методи викладання фізико-математичних дисциплін на засадах інтегративного підходу. *Педагогічна академія: наукові записки*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13729562>
- [2] Шуда, І. О. (2020). *Методологія самостійної роботи студентів при вивченні математичних дисциплін у СумДУ: Звіт про науково-дослідну роботу* / кер. НДР І. О. Шуда. Суми: СумДУ. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79125/1/Shuda_1558.pdf

Олійник Т. Б.

*Національна наукова сільськогосподарська бібліотека Національної аграрної академії наук України, вул. Героїв Оборони, 10, м. Київ,
email: oleyniktaras093@gmail.com*

ФЕДІР КУЗЬМИЧ ПОЧЕРНЯЄВ: СПАДЩИНА ВЧЕНОГО ЯК ЧИННИК ПАТРІОТИЧНОГО ВИХОВАННЯ НАУКОВОЇ МОЛОДІ

Анотація. Висвітлено наукову діяльність Федора Кузьмича Почерняєва, його внесок у розвиток селекції та генетики в галузі свинарства,

а також значення його наукової спадщини для патріотичного виховання студентської та наукової молоді. Дослідження діяльності вченого сприяє формуванню національної ідентичності, усвідомленню ролі української науки у світовому контексті та вихованню нового покоління дослідників.

Abstract. *The article highlights the scientific activities of Fedir Kuzmych Pochernyaiev, his contribution to the development of pig breeding selection and genetics, and the significance of his scientific legacy for the patriotic education of students. The study of the scientist's work contributes to the formation of national identity, awareness of the role of Ukrainian science in the global context, and the upbringing of a new generation of researchers.*

Ключові слова: *Федір Кузьмич Почерняєв, наукова спадщина, селекція свиней, генетика тварин, наукова школа, історія науки, патріотичне виховання, українська наука, тваринництво, племінна справа, освітній процес.*

Keywords: *Fedir Kuzmych Pochernyaiev, scientific legacy, pig breeding selection, animal genetics, scientific-technical school, history of science, patriotic education, Ukrainian science, animal husbandry, pedigree work, educational process.*

У формуванні світогляду молодого покоління вагоме місце посідає історія науки і техніки. Вона сприяє патріотичному вихованню та усвідомленню внеску видатних особистостей у розвиток національної науки. Однією з таких постатей є Федір Кузьмич Почерняєв — доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент ВАСГНІЛ, заслужений діяч науки і техніки України. Метою даної роботи є дослідження життєвого шляху та наукового внеску вченого-селекціонера у галузі свинарства.

Федір Кузьмич Почерняєв народився 1 лютого 1929 року в м. Полтава. Початкову освіту здобув у 1937 році, після чого навчався у Харківській спеціалізованій школі військово-повітряних сил, яку закінчив у 1949 році. У тому ж році вступив на зоотехнічний факультет Полтавського сільськогосподарського інституту (нині — Полтавський державний аграрний університет) [2].

У 1952 році Федір Кузьмич виконав наукову роботу на тему «*Біологічна кастрація свиней*», за яку був відзначений Грамотою Міністерства вищої освіти УРСР [1]. Після закінчення інституту продовжив навчання в аспірантурі Полтавського науково-дослідного інституту свинарства, яку завершив у 1957 році за спеціальністю *розведення сільськогосподарських тварин* [2].

У 1958 році Федору Кузьмичу було присуджено науковий ступінь

кандидата сільськогосподарських наук, а у 1961 році він був затверджений у вченому званні старшого наукового співробітника за спеціальністю «розведення сільськогосподарських тварин». У 1963 році його призначено заступником директора з наукової роботи Полтавського науково-дослідного інституту свинарства. Обіймаючи цю посаду, Федір Кузьмич ініціював широкомасштабні дослідження, спрямовані на глибоке вивчення біологічних особливостей як вітчизняних, так і імпортованих порід свиней.

Учений розробив низку методик, що враховували віковий підбір, а також застосування біохімічних, імуногенних та фізіологічних показників у селекційній роботі. У 1969 році Ф. К. Почерняєв захистив докторську дисертацію на тему *«Скоростиглість свиней, особливості її прояву та практичне використання»* [2].

У 1971 році йому було присуджено вчений ступінь доктора сільськогосподарських наук, а у 1972 році — затверджено у вченому званні професора за спеціальністю «розведення сільськогосподарських тварин». Указом Президії Верховної Ради Української РСР від 30 липня 1980 року Федору Кузьмичу Почерняєву було присвоєно почесне звання Заслуженого діяча науки Української РСР. 23 квітня 1982 року, відповідно до Статуту ВАСГНІЛ, його було обрано членом-кореспондентом по відділенню тваринництва [1].

У результаті багаторічної науково-заводської діяльності Ф. К. Почерняєв створив на племінних заводах три нові високопродуктивні лінії кнурів та одне сімейство свиноматок, які були офіційно апробовані Міністерством сільського господарства України. Особливої уваги заслуговують розроблені ним підходи до оцінювання свиней за скоростиглістю потомства із застосуванням біохімічних та імуногенетичних (зокрема, за групами крові) тестів. Ці методики мали потенціал стати дієвим інструментом для ранньої діагностики та прогнозування господарсько-корисних ознак свиней [2].

Наукова діяльність Ф. К. Почерняєва справила суттєвий вплив як на теоретичні основи, так і на практику галузі свинарства. Його роботи сприяли розвитку нових методичних підходів, збагачували зоотехнічну науку та сприяли підвищенню ефективності тваринницького виробництва.

Як визнаний фахівець у галузі свинарства, Федір Кузьмич неодноразово здійснював наукові відрядження за кордон [1]. Він є автором понад 160 наукових праць, а також низки підручників і навчально-методичних посібників, що знайшли широке застосування в освітньому процесі та зберігають актуальність донині. За вагомий внесок у розвиток вітчизняного свинарства та активну громадську діяльність Ф. К. Почерняєв був удостоєний

високих державних нагород, зокрема ордена Трудового Червоного Прапора та низки медалей [2].

У результаті багаторічної науково-заводської діяльності Ф. К. Почерняєв створив на племінних заводах три нові високопродуктивні лінії кнурів та одне сімейство свиноматок, які були офіційно апробовані Міністерством сільського господарства України. Особливої уваги заслуговують розроблені ним підходи до оцінювання свиней за скоростиглістю потомства із застосуванням біохімічних та імуногенетичних тестів (зокрема, за групами крові). Запропоновані методики мали потенціал стати ефективним інструментом ранньої діагностики й прогнозування господарсько-корисних ознак свиней [2].

Наукова діяльність Ф. К. Почерняєва справила вагомий вплив як на розвиток теоретичних основ, так і на практику галузі свинарства. Його дослідження сприяли формуванню нових методичних підходів, збагачували зоотехнічну науку та сприяли підвищенню ефективності тваринницького виробництва.

Як визнаний фахівець у галузі свинарства, Федір Кузьмич неодноразово перебував у наукових відрядженнях за кордоном [1]. Він є автором понад 160 наукових праць, а також низки підручників і навчально-методичних посібників, які знайшли широке застосування в освітньому процесі та зберігають актуальність і сьогодні. За значний внесок у розвиток вітчизняного свинарства та активну громадську діяльність Ф. К. Почерняєв був нагороджений високими державними відзнаками, зокрема орденом Трудового Червоного Прапора та низкою медалей [2].

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Нагаєвич, В. М., & Самородов, В. М. (2009). Золоті розсипи спадщини Федора Почерняєва: урочистості з нагоди 80-річчя вченого й організатора науки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1, 194–195.
- [2] Особова справа: Почерняєв Федір Кузьмич. Архів Інституту свинарства і АПВ НААН [неопублікований архівний документ].