

УДК 001.891:378:62(477)
DOI 10.32782/2412-9208-2024-1-67-80

**INTEGRATION OF SCIENCE, EDUCATION, AND INNOVATION
FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF HIGH-TECH INDUSTRIES:
THE TRIPLE HELIX MODEL**

**ІНТЕГРАЦІЯ НАУКИ, ОСВІТИ ТА ІННОВАЦІЙ
ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ГАЛУЗЕЙ:
МОДЕЛЬ ПОТРІЙНОЇ СПІРАЛІ**

Hanna LOPATINA,
PhD in Pedagogy, Associate
Professor,
Associate Professor at the
Department of Applied
Psychology and Speech Therapy,
Berdiansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000, Ukraine

lopatina.hanna29@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3920-6853>

Anastasia POPOVA,
PhD in Pedagogy,
Associate Professor,
Associate Professor at the
Department of Social Work and
Inclusive Education, Berdiansk State
Pedagogical University
66, Zhukovsky Str.,
Zaporizhzhia, Zaporizhzhia Oblast,
69000, Ukraine

kovaleva.anastasia.45@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5176-0059>

Natalia TSYBULIAK,
PhD in Psychology, Associate
Professor,
Associate Professor at the
Department of Applied Psychology
and Speech Therapy,
Berdiansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000, Ukraine

nata.tsibulyak@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2474-8614>

Ганна ЛОПАТИНА,
кандидат педагогічних наук,
доцент,
доцент кафедри прикладної
психології та логопедії,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

Анастасія ПОПОВА,
кандидат педагогічних наук,
доцент,
доцент кафедри соціальної роботи
та інклюзивної освіти,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

Наталія ЦИБУЛЯК,
кандидат психологічних наук,
доцент,
доцент кафедри прикладної
психології та логопедії,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

Serhii KOVACHOV,
Graduate student, Research
Associate,
Berdyansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000, Ukraine

essfero@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0212-1255>

Yana SUCHIKOVA,
Professor, Doctor of Technical
Sciences,
Vice-Rector for Research,
Berdyansk State Pedagogical
University
66, Zhukovsky Str., Zaporizhzhia,
Zaporizhzhia Oblast, 69000, Ukraine

yanasuchikova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4537-966X>

Сергій КОВАЧОВ,
аспірант, науковий співробітник,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

Яна СИЧКОВА,
професор, доктор технічних наук,
проректор з наукової роботи,
Бердянський державний
педагогічний університет,
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька область,
69000, Україна

ABSTRACT

This article is devoted to analyzing the challenges and development strategies of high-technology education in Ukraine within contemporary global and local challenges, particularly under martial law conditions. The study is based on the comprehensive approach of "Science - Education - Innovative Entrepreneurship," which identifies the higher education instructor as a key figure in integrating scientific ideas and innovations into the educational process and actively involving students in research and development activities. The article highlights five main challenges faced by high-technology education in Ukraine: the gap between educational outcomes and industry needs, insufficient investments in research and development, limited access to modern infrastructure and technologies, brain drain and scientific migration, and the need for continuous learning and adaptation. Strategies to overcome these challenges are proposed, including strengthening ties between universities and industry, increasing investments in scientific research, modernizing educational infrastructure, creating conditions to retain qualified personnel within the country, and developing learning systems to facilitate ongoing adaptation and professional development. Special attention is given to the role of the instructor in modernizing higher education, emphasizing the need to shift from student-centeredness to a model focused on preserving and developing academic potential, which will ultimately strengthen university training within the Triple Helix model.

Key words: Triple Helix model, higher education, universities, science, entrepreneurship, Ukraine, war.

Вступ. У сучасному ландшафті глобальних викликів і технологічного прогресу стійкість високотехнологічних галузей критично залежить від безперервного розвитку кваліфікованих фахівців, які не тільки володіють сучасними технологіями, але й здатні робити внесок в інноваційні процеси та технологічні прориви. Ця необхідність є особливо гострою

в Україні, де сектор високих технологій відіграє ключову роль у національній конкурентоспроможності, безпеці та обороноздатності. Однак традиційний репродуктивний підхід до освіти, який характеризується простою передачею наявних знань, не відповідає динамічним потребам цих галузей і ширшим соціально-економічним викликам, з якими стикається наша країна.

Концепція моделі «Потрійної спіралі» підкреслює синергетичні відносини між академічними колами, промисловістю та урядом у просуванні інновацій та економічного розвитку. Ця модель є основоположним елементом для розуміння динамічної взаємодії між освітою, науковими дослідженнями та підприємництвом [8].

Роль вищих навчальних закладів у підвищенні національної конкурентоспроможності та безпеки, зокрема через освіту STEM (наука, технології, інженерія та математика), була об'єктом багатьох досліджень. Дослідники наголошують на необхідності країн інвестувати в освіту STEM, щоб зберегти своє економічне та технологічне лідерство [5, 2]. У контексті України розвиток кваліфікованої робочої сили у високотехнологічних галузях вважається вирішальним для національної безпеки та економічної стабільності, особливо з огляду на поточні виклики [7].

Незважаючи на визнану важливість інтеграції науки, освіти та інновацій, кілька проблем перешкоджають її ефективній реалізації. Серед перешкод часто називають такі проблеми, як недостатнє фінансування, застарілі навчальні програми та відсутність співпраці між університетами та промисловістю [1]. В Україні ці виклики ускладнюються триваючою війною та економічними обмеженнями, які вимагають інноваційних підходів до освіти та розвитку кадрового потенціалу країни [14, 15].

Перехід від репродуктивної до продуктивної моделі освіти, де студенти активно залучаються до досліджень та інновацій, вимагає впровадження інноваційної педагогіки. Проектно-орієнтоване навчання (PBL) і проблемно-орієнтоване навчання (PBL) є одними з підходів, які, як було показано, ефективно залучають студентів до процесу навчання, сприяючи розвитку критичного мислення, креативності та навичок співпраці, необхідних для успіху у високотехнологічних галузях [13].

Потреба в реформі вищої освіти, зокрема в посиленні практичних та інноваційних компонентів STEM-освіти, є постійною темою. Потенціал такого інтегрованого підходу для зміцнення високотехнологічних секторів України, посилення її обороноздатності та сприяння соціально-економічній стабільності широко визнаний [11].

Ця стаття представляє концептуальну основу, яка ґрунтується на інтеграції науки, освіти та інноваційного підприємництва – триади, необхідної для формування стійкої та адаптивної робочої сили, здатної рухати вперед індустрію високих технологій. Центральне місце в цій

структурі займає роль викладачів вищої освіти як активних учасників наукового співтовариства, які не лише поширюють передові наукові ідеї, а й активно залучають студентів до науково-дослідницької діяльності. Такий підхід виходить за рамки загальноприйнятого академічного навчання, сприяючи створенню екосистеми, де освіта безпосередньо пов'язана з реальними потребами та інноваціями.

Актуальність прийняття цього інтегрованого підходу посилюється поточною кризою та невизначеністю, що торкнулися України, що вимагає надійних механізмів для збереження безперервності та цілісності освітньої та наукової екосистеми. Зосереджуючись на прикладних дослідженнях, адаптованих до конкретних потреб високотехнологічних виробничих секторів, ця структура спрямована на підвищення конкурентоспроможності промислових секторів України, підтримку критичних технологій і зміцнення безпеки та обороноздатності нації.

Методологія

Методологія цього концептуального дослідження включає систематичний огляд існуючої літератури, аналіз теоретичних засад і синтез нових концептуальних поглядів на інтеграцію науки, освіти та інноваційного підприємництва в рамках української вищої освіти. Цей підхід має на меті запропонувати нову структуру, яка вирішує проблеми, з якими стикається український сектор високих технологій та розвиток його кадрового потенціалу, особливо в часи кризи та невизначеності.

Результати та дискусія

Інтеграція науки, освіти та інновацій

Ефективна інтеграція науки, освіти та інновацій потребує багатогранного підходу, зосередженого на розробці навчальних програм, педагогічних стратегіях і встановленні надійних партнерств між академічними колами, промисловістю та урядом. Такий підхід не тільки узгоджується з найкращими світовими практиками [6, 16], але й відповідає унікальним викликам і можливостям, які існують в українському контексті.

Перехід до навчальної програми, яка є гнучкою, міждисциплінарною та орієнтованою на дослідження, має вирішальне значення. Курси, розроблені для того, щоб поєднати теоретичні знання з практичним застосуванням у науці та техніці, заохочують студентів залучитися до проблем реального світу та інноваційних процесів. Це передбачає інтеграцію методологій навчання на основі проектів і проблем, які відображають складність індустрії високих технологій [9].

У цьому контексті зростає роль педагогів як фасилітаторів навчання, а не просто передавачів знань. Це включає в себе підготовку педагогів для сприяння дослідницькому середовищу, творчості та критичному мисленню, які є важливими для просування інновацій [4]. Програми професійного розвитку для педагогів мають наголошувати на важливості бути в

курсі галузевих тенденцій і наукових досягнень, щоб ефективно подолати розрив між освітою та вимогами сектору високих технологій [10].

Тісніша співпраця між академічними колами, промисловістю та урядом є життєво важливою для надання студентам доступу до галузевих практик, доступу до найсучасніших дослідницьких засобів, а також можливостей для стажування та участі в реальних проектах. Такі партнерства можуть також сприяти переходу досліджень та інновацій від університетських лабораторій до товарних продуктів і послуг, тим самим зміцнюючи підприємницьку екосистему [3].

У таблиці 1 пропонується ключові елементи стратегії сприяння інтеграції науки, освіти та інноваційного підприємництва.

Таблиця 1

Ключові елементи стратегії сприяння інтеграції науки, освіти та інноваційного підприємництва

Ключові елементи	Дії
Розробка навчальних програм, узгоджених з промисловістю	Університети повинні тісно співпрацювати з галузевими партнерами, щоб розробити навчальні програми, які відображають поточні та майбутні потреби секторів високих технологій
Розширення можливостей експериментального навчання	Створення інноваційних лабораторій, виробничих просторів і дослідницьких центрів в університетах, які дозволяють студентам працювати над проектами, спонсорованими галуззю, може значно покращити практичний досвід навчання
Сприяння культурі інновацій та підприємництва	Університети повинні створювати платформи та заходи, такі як хакатони, інноваційні парки та стартап-інкубатори, які заохочують студентів розвивати та пропонувати свої ідеї
Політична підтримка інноваційних екосистем	Державна політика повинна підтримувати створення та сталість інноваційних екосистем в університетах. Сюди входить фінансування досліджень і розробок, податкові пільги для галузевих партнерів, які співпрацюють з університетами, і підтримка стартапів, створених на основі університетських проектів.
Постійне оцінювання та адаптація	Інтеграцію науки, освіти та інновацій слід розглядати як динамічний процес, що потребує постійної оцінки та адаптації стратегій на основі зворотного зв'язку, технологічного прогресу та мінливих потреб високотехнологічних галузей

Інтеграція науки, освіти та інноваційного підприємництва є стратегічним підходом до відродження української вищої освіти та забезпечення

її актуальності та внеску в індустрію високих технологій. Запропоновані стратегії пропонують дорожню карту для трансформації освітньої практики, сприяння культурі інновацій та зміцнення співпраці між науковими колами, промисловістю та урядом. Ця інтеграція спрямована не лише на підвищення конкурентоспроможності високотехнологічних секторів України, а й на формування у студентів навичок і мислення, необхідних для конкурентоспроможності на рику праці.

Прямий зв'язок між рівнем освіти, зокрема в галузі STEM, і інноваційною спроможністю країни підкреслює стратегічну важливість закладів вищої освіти у стратегіях національного економічного розвитку. Університети діють як центри досліджень та інновацій, сприяючи розвитку економіки знань і підтримуючи розвиток нових технологій і галузей. Розвиваючи тісніші зв'язки з високотехнологічним сектором, ЗВО можуть забезпечити відповідність дослідницької діяльності потребам ринку, сприяючи комерціалізації результатів досліджень і стимулюванню економічного зростання.

Роль університетів виходить за межі економічної конкурентоспроможності та безпосередньо впливає на національну безпеку. У контексті глобальної технологічної конкуренції та викликів безпеці здатність розвивати та підтримувати суверенну технологічну базу має першорядне значення.

Концепція потрійної спіралі в українському контексті

Концепція «Потрійної спіралі», яка з'ясовує симбіотичні відносини між академічними колами, промисловістю та урядом у сприянні інноваціям та економічному розвитку, є особливо актуальною для України в контексті воєнного стану. Щоб ця модель могла ефективно функціонувати в такому складному середовищі, необхідні деякі нюанси адаптації та міркування для забезпечення стійкості, адаптивності та сталості секторів високотехнологічної освіти та розвитку робочої сили.

В Україні гострота воєнного стану вимагає переоцінки традиційних ролей і взаємодії в рамках «Потрійної спіралі». За цих обставин уряд повинен зайняти більш проактивну позицію у сприянні та захисті інфраструктури для інновацій та освіти. Це передбачає не лише захист фізичних активів, але й забезпечення безперервності освітніх процесів і стабільності промислового співробітництва, незважаючи на збої, спричинені воєнним станом. Наголос повинен бути зроблений на розробці політики, яка є гнучкою та чутливою до ситуації безпеки, дозволяючи як науковим колам, так і промисловості працювати в рамках підвищеної адаптивності.

Роль університетів, з іншого боку, виходить за межі розповсюдження знань і до сфери виховання стійкості серед студентів і викладачів. Університети повинні зосередитися на розробці навчальних планів і дослід-

ницьких програм, які не тільки відповідають потребам індустрії високих технологій, але й адаптуються до обмежень, накладених воєнним станом. Це може включати інтеграцію онлайн-платформ і платформ дистанційного навчання, розробку компактних інтенсивних курсів, які можна швидко адаптувати в залежності від ситуації, і дослідження, зосереджені на вирішенні негайних практичних проблем, з якими стикається країна, особливо тих, що стосуються національної безпеки та захист.

Співпраця промисловості з академічними колами та урядом стає ще більш важливою під час воєнного стану. Сектор високих технологій може надати життєво важливу підтримку об'єктам, пропонуючи технологічні рішення, ресурси та досвід. Крім того, галузь може отримати вигоду від більш тісних відносин з університетами, залучаючи дослідження та інновації, які відповідають миттєвим практичним потребам, а також довгостроковим стратегічним цілям. Щоб це партнерство було успішним, потрібен чіткий канал зв'язку між усіма трьома гілками, що гарантує розуміння та ефективне вирішення потреб і можливостей кожного сектора.

Крім того, модель «Потрійна спіраль» в контексті України має включати додатковий рівень гнучкості та спроможності врегулювати кризи. Це передбачає створення планів на випадок непередбачених обставин для проектів досліджень і розробок, створення гнучких механізмів фінансування, які можуть перенаправляти ресурси на основі нагальних потреб, і сприяння інноваційній культурі, спрямованій на швидке реагування та адаптацію до непередбачених викликів.

Виклики у сфері високотехнологічної освіти та розвитку кадрового потенціалу

Розвиток високотехнологічних галузей в Україні, хоч і багатобічний, не позбавлений викликів. Реалізація моделі «Потрійної спіралі» вимагає усунення кількох критичних бар'єрів, які зараз перешкоджають розвитку висококваліфікованої робочої сили та ефективному розвитку інновацій в рамках освітньої сфери. Нижче ми розглядаємо наявні виклики та пропонуємо стратегії подолання.

Виклик 1. Невідповідність між освітніми результатами та потребами галузі

Одна з найбільших проблем, з якою зіштовхується сфера високотехнологічної освіти та розвитку кадрового потенціалу в Україні, полягає в невідповідності між результатами освітнього процесу та потребами високотехнологічної індустрії. Така невідповідність маніфестується у випускниках, які після завершення навчання не завжди готові відразу впливатися в робочий процес, що зумовлює необхідність додаткового навчання та періоду адаптації. Для подолання цієї проблеми необхідно зосередити зусилля на зміцненні співпраці між університетами та про-

мисловістю. Це передбачає не тільки оновлення та адаптацію навчальних програм з урахуванням поточних тенденцій та потреб індустрії, але й інтеграцію практичного досвіду в освітній процес. Важливою складовою цього процесу є залучення студентів до стажувань та кооперативних програм, а також навчання на основі проектів, які надають можливість здобути реальний досвід та глибше зрозуміти вимоги та виклики сучасної високотехнологічної роботи.

Виклик 2. Недостатні інвестиції в дослідження та розробки

Обмежені інвестиції в науково-дослідну та розробницьку діяльність (НДДКР) становлять серйозну перешкоду для вищих навчальних закладів України у їхніх зусиллях займатися передовими дослідженнями, інноваціями та розробкою нових технологій. Це не тільки позначається на якості освіти, яку отримують студенти, але й обмежує здатність університетів вносити значний вклад у розвиток високотехнологічної галузі через інновації. Для подолання цього виклику необхідно значно збільшити обсяги інвестицій в НДДКР, як з боку держави, так і з боку приватного сектору. Це може включати в себе не тільки пряме фінансування дослідницьких проектів, але й створення умов для ефективного державно-приватного партнерства. Таке партнерство могло б забезпечити додаткові ресурси для підтримки інноваційних лабораторій та дослідницьких ініціатив, що в свою чергу сприяло б розвитку нових технологій та підвищенню якості освіти в Україні.

Виклик 3. Обмежений доступ до сучасної інфраструктури та технологій

Швидкий технологічний прогрес ставить перед українськими закладами вищої освіти важливе завдання забезпечення доступу до сучасного обладнання та технологій для дослідження та навчального процесу. Це особливо актуально для галузей, що динамічно розвиваються і вимагають фахівців глибоких практичних знань та умінь. На жаль, не всі навчальні заклади мають можливість забезпечити належний рівень технічної оснащеності, що може стримувати розвиток високотехнологічної освіти та наукових досліджень.

Для подолання цього виклику вкрай важливим є пошук ефективних шляхів оновлення та підтримки сучасної інфраструктури у закладах вищої освіти. Один із потенційних шляхів – це активне використання можливостей міжнародного співробітництва, зокрема через міжнародні партнерства та гранти, які можуть стати джерелом фінансування для придбання новітнього обладнання. Крім того, необхідно залучати і національне фінансування, спрямовуючи його на модернізацію освітньої і наукової інфраструктури. Ці заходи дозволять не тільки покращити якість освіти та досліджень, але й значно підвищити конкурентоспроможність українських вищих навчальних закладів на міжнародному рівні.

Виклик 4. Відтік мізків і наукова міграція, спричинена війною

Феномен "відтоку мізків", який характеризується міграцією висококваліфікованих фахівців за межі України в пошуках кращих можливостей, становить серйозний виклик для розвитку високотехнологічного сектору країни. Особливо гостро ця проблема постала в умовах війни, коли зростає нестабільність та зменшуються перспективи для професійного зростання всередині країни [12]. Втрата кадрів не лише послаблює потенціал сектора високих технологій, але й суттєво звужує можливості для підготовки нових поколінь фахівців, оскільки зменшується кількість кваліфікованих науковців і педагогів.

У відповідь на цей виклик, ключовими є заходи, спрямовані на створення умов, за яких талановиті спеціалісти захочуть залишатися та працювати в Україні. Це включає в себе не тільки покращення умов праці та надання конкурентоспроможних заробітних плат, але й створення ширших можливостей для кар'єрного росту та професійного розвитку в межах країни. Значну роль може відіграти і розробка програм, спрямованих на залучення української діаспори до участі у внутрішніх наукових та освітніх проектах, тим самим стимулюючи взаємодію між українськими фахівцями, які працюють за кордоном, та вітчизняними університетами. Залучення діаспори може не тільки допомогти компенсувати недоліки кваліфікованих кадрів, але й сприяти інтеграції міжнародного досвіду та практик у вітчизняну сферу високих технологій.

Виклик 5. Потреба в постійному навчанні та адаптації

Динамічний розвиток високотехнологічних галузей ставить перед фахівцями вимогу не лише володіти актуальними на момент закінчення навчання навичками, але й мати здатність до постійного професійного зростання та адаптації до нових умов і технологій. Однак, традиційні освітні системи часто залишаються незмінними та не встигають адекватно реагувати на швидкі зміни в галузі, що може призводити до випуску фахівців, недостатньо підготовлених до реальних викликів майбутнього.

У відповідь на цей виклик важливою є реформа освітньої системи з акцентом на гнучкість і адаптивність. Одним з можливих шляхів досягнення цієї мети є впровадження модульних навчальних планів, які дозволяють швидко оновлювати та адаптувати навчальний матеріал відповідно до поточних потреб і тенденцій галузі. Це також передбачає створення умов для навчання протягом усього життя, забезпечення доступу до постійного професійного розвитку для фахівців, щоб вони могли залишатися конкурентоспроможними в постійно змінюваному технологічному середовищі.

Таким чином, актуалізація освітніх програм і зміцнення зв'язку з реальними потребами галузі, а також забезпечення можливостей для неперервного навчання та розвитку, можуть стати ключовими елементами

тами у вирішенні проблеми підготовки висококваліфікованих спеціалістів, готових до викликів майбутнього.

Роль викладача в моделі Потрійної спіралі

У контексті моделі Потрійної спіралі, яка акцентує на взаємодії між наукою, освітою та інноваційним підприємництвом, особливого значення набуває роль викладача. З огляду на сучасні виклики, зокрема нестабільність у науково-педагогічних кадрах, спричинену воєнним станом в Україні, зростає потреба в зосередженні уваги на збереженні та розвитку академічного потенціалу. Відходячи таким чином від студентоцентризму, важливо визнати, що викладачі є ключовими фігурами в процесі передачі знань, формуванні навичок і компетентностей, необхідних для роботи в високотехнологічних галузях.

В умовах, коли війна наклала відбиток на всі аспекти життя суспільства, включаючи освітню сферу, викладачі стикаються з необхідністю швидко адаптуватися до нових реалій. Це означає не лише освоєння цифрових інструментів та інноваційних методик навчання, але й розвиток власних професійних та особистісних якостей, здатних забезпечити ефективну комунікацію та взаємодію зі студентами та науковою спільнотою.

Саме викладачі, які є активними учасниками наукового середовища, можуть стати мостом, що з'єднує теоретичні знання з практичними потребами галузі, вносячи вагомий вклад у розвиток високотехнологічної освіти. Їхня здатність доносити передові наукові ідеї, залучати студентів до дослідно-конструкторської діяльності та адаптувати освітні програми до сучасних викликів є критично важливою для підготовки фахівців, здатних вносити інновації у виробництво та наукові дослідження.

Таким чином, підкреслення ролі викладача в моделі Потрійної спіралі вимагає від університетських та державних інституцій розробки та впровадження ефективних механізмів підтримки науково-педагогічних працівників. Це не лише допоможе зберегти та розвинути академічний потенціал України, але й значно посилить університетську підготовку, зробивши її більш відповідною до потреб високотехнологічних галузей та викликів сучасності. Врахування цих аспектів є вирішальним для забезпечення безперервної підготовки майбутніх фахівців, здатних впоратися з технологічними, соціальними та економічними викликами, що стоять перед Україною.

Висновок. У прагненні зорієнтуватися в складнощах сучасного глобального ландшафту, особливо в суворих умовах, встановлених воєнним станом, Україна стоїть на критичному етапі. Інтеграція науки, освіти та інноваційного підприємництва в системі вищої освіти постає не просто як стратегія економічної конкурентоспроможності, але як фундаментальна опора для національної стійкості та безпеки. У цій статті викладено концептуальну основу, яка переосмислює роль вищої освіти

у створенні потужної, інноваційної та адаптованої робочої сили, здатної просувати високотехнологічну галузь вперед, навіть незважаючи на безпрецедентні виклики.

Запропонована інтеграція, заснована на вдосконаленій моделі Потрійної спіралі (Triple Helix), підкреслює необхідність динамічного та спільного підходу між науковими колами, промисловістю та урядом. Це партнерство має вирішальне значення для подолання розриву між освітніми результатами та реальними потребами сектору високих технологій, таким чином забезпечуючи постійну актуальність і застосовність знань і навичок, які передаються студентам. У статті критично висвітлено значні бар'єри, які зараз перешкоджають розвитку такої екосистеми в Україні, та запропоновано стратегічні заходи для подолання цих перешкод.

Реалізуючи викладені тут стратегії, Україна може не лише підвищити свою національну конкурентоспроможність, але й зміцнити свою обороноздатність та стійкість до криз. Узгодження освітніх цілей зі стратегічними потребами країни, особливо в періоди воєнного стану, демонструє перспективний підхід до використання людського капіталу як наріжного каменю національної безпеки та розвитку.

Однак успішна реалізація цього бачення вимагає узгоджених зусиль і непохитної відданості інноваціям, гнучкості та співпраці. Це вимагає освітньої парадигми, яка реагує на мінливий ландшафт глобальних технологій і специфічні виклики, з якими стикається Україна. Створюючи середовище, яке цінує креативність, критичне мислення та здатність вирішувати проблеми, Україна може виховати покоління професіоналів, які не лише вміють орієнтуватися в складнощах індустрії високих технологій, але й віддані справі процвітання та безпеки країни.

Фінансування. Робота виконана за підтримки Міністерства освіти і науки України за такими держбюджетними проектами:

- 0123U105351 «Українські університети в нових реаліях: вплив війни та механізми збереження наукового і кадрового потенціалу підготовки фахівців високотехнологічних галузей»
- 0123U100110 «Система дистанційної та змішаної профілізованої підготовки майбутніх наноінженерів до розробки нових наноматеріалів подвійного призначення»;
- 0123U105357 «Інтегрований підхід до професійної підготовки STEM-орієнтованих педагогів: синергія наукоємних і цифрових технологій»

Подяки

Ми дякуємо Збройним Силам України за забезпечення безпеки для виконання цієї роботи. Ця робота стала можливою лише завдяки стійкості та мужності Української Армії.

Література

1. Abdikadirova, A., Sembiyeva, L., Temirkhanov, Z., Popov, I. A., Suchikova, Y. Evaluating the nexus of funding and scientific output in Kazakhstan. *Knowledge and Performance Management*. 2024. Vol. 8, no. 1. Pp. 17–31. URL: [https://doi.org/10.21511/kpm.08\(1\).2024.02](https://doi.org/10.21511/kpm.08(1).2024.02)
2. Burch, K., Guthman, J., Gugganig, M., Bronson, K., Comi, M., Legun, K., Biltehoff, C., Broad, G., Brock, S., Freidberg, S., Baur, P., & Mincyte, D. Social science – STEM collaborations in agriculture, food and beyond: an STSFAN manifesto. *Agriculture and Human Values*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10438-2>
3. Capetillo, A., Abraham Tijerina, A., Ramirez, R., Galvan, J. A. Evolution from triple helix into penta helix: the case of Nuevo Leon 4.0 and the push for industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*. 2021. Vol. 15, no. 4. Pp. 597–612. URL: <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00785-x>
4. Garzón Artacho, E., Martínez, T. S., Ortega Martín, J. L., Marín Marín, J. A., & Gómez García, G. Teacher Training in Lifelong Learning–The Importance of Digital Competence in the Encouragement of Teaching Innovation. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 7. P. 2852. URL: <https://doi.org/10.3390/su12072852>
5. Geiger, V., Beswick, K., Fraser, S., Holland Twining, B. A model for principals' STEM leadership capability. *British Educational Research Journal*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1002/berj.3873>
6. Hernández-Trasobares, A., Murillo-Luna, J. L. The effect of triple helix cooperation on business innovation: The case of Spain. *Technological Forecasting and Social Change*. 2020. Vol. 161. P. 120296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120296>
7. Kovachov, S., Bohdanov, I., Suchikova, Y. Nano or Na-No? Ukraine's crisis of opportunity in nanotechnology education. *Industry and Higher Education*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1177/09504222231209259>
8. Leydesdorff, L., Etkowitz, H. The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*. 1998. Vol. 25, no. 3. P. 195. URL: <https://doi.org/10.1093/spp/25.3.195>
9. Li, X., Li, Y. Individualized and Innovation-Centered General Education in a Chinese STEM University. *Education Sciences*. 2023. Vol. 13, no. 8. P. 846. URL: <https://doi.org/10.3390/educsci13080846>
10. Moreno-Guerrero, A.-J., Rodríguez-Jiménez, C., Gómez-García, G., Ramos Navas-Parejo, M. Educational Innovation in Higher Education: Use of Role Playing and Educational Video in Future Teachers' Training. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 6. P. 2558. URL: <https://doi.org/10.3390/su12062558>
11. Peregudova, V. People learn fastest on the barricades: Science at war. *Management in Education*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1177/08920206231188018>
12. Polishchuk, Y., Lyman, I., Chugaievska, S. The «Ukrainian Science Diaspora» initiative in the wartime. *Problems and Perspectives in Management*. 2023. Vol. 21, no. 2. Pp. 153–161. URL: [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2-si\).2023.18](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2-si).2023.18)
13. Popova, A., Kovachov, S., Lopatina, H., Tsybuliak, N., Suchikova, Y., Bohdanov, I. High-Quality Digital Bichronous Education for Nanoengineers During the War in Ukraine: Does Technology Knowledge Matter? In *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. 2023. IEEE. <https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402460>
14. Suchikova, Y., Tsybuliak, N., Lopatina, H., Shevchenko, L., Popov, I. A. Science in times of crisis: How does the war affect the efficiency of Ukrainian scientists? *Problems and Perspectives in Management*. 2023. Vol. 21, no. 1. Pp. 408–424. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(1\).2023.35](https://doi.org/10.21511/ppm.21(1).2023.35)

15. Suchikova, Y. A year of war. *Science*. 2023. Vol. 379, no. 6634. P. 850. <https://doi.org/10.1126/science.adh2108>

16. Suchikova, Y., Bohdanov, I., Kovachov, S., Bardus, I., Lazarenko, A., Shishkin, G. Training of the Future Nanoscale Engineers: Methods for Selecting Efficient Solutions in the Nanostructures Synthesis. In 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). 2021. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ukrcon53503.2021.9575745>

References

1. Abdikadirova, A., Sembiyeva, L., Temirkhanov, Z., I. Popov, A. & Suchikova, Y. (2024). Evaluating the nexus of funding and scientific output in Kazakhstan. *Knowledge and Performance Management*, 8(1), 17–31. [https://doi.org/10.21511/kpm.08\(1\).2024.02](https://doi.org/10.21511/kpm.08(1).2024.02)

2. Burch, K., Guthman, J., Gugganig, M., Bronson, K., Comi, M., Legun, K., Biltekoff, C., Broad, G., Brock, S., Freidberg, S., Baur, P., & Mincyte, D. (2023). Social science – STEM collaborations in agriculture, food and beyond: an STSFAN manifesto. *Agriculture and Human Values*. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10438-2>

3. Capetillo, A., Abraham Tijerina, A., Ramirez, R., & Galvan, J. A. (2021). Evolution from triple helix into penta helix: the case of Nuevo Leon 4.0 and the push for industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 15(4), 597–612. <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00785-x>

4. Garzón Artacho, E., Martínez, T. S., Ortega Martín, J. L., Marín Marín, J. A., & Gómez García, G. (2020). Teacher Training in Lifelong Learning–The Importance of Digital Competence in the Encouragement of Teaching Innovation. *Sustainability*, 12(7), 2852. <https://doi.org/10.3390/su12072852>

5. Geiger, V., Beswick, K., Fraser, S., & Holland Twining, B. (2023). A model for principals' STEM leadership capability. *British Educational Research Journal*. <https://doi.org/10.1002/berj.3873>

6. Hernández-Trasobares, A., & Murillo-Luna, J. L. (2020). The effect of triple helix cooperation on business innovation: The case of Spain. *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120296. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120296>

7. Kovachov, S., Bohdanov, I., & Suchikova, Y. (2023). Nano or Na-No? Ukraine's crisis of opportunity in nanotechnology education. *Industry and Higher Education*. <https://doi.org/10.1177/09504222231209259>

8. Leydesdorff L. & Etzkowitz H. (1998). The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*. <https://doi.org/10.1093/spp/25.3.195>

9. Li, X. & Li, Y. (2023). Individualized and Innovation-Centered General Education in a Chinese STEM University. *Education Sciences*, 13(8), 846. <https://doi.org/10.3390/educsci13080846>

10. Moreno-Guerrero, A.-J., Rodríguez-Jiménez, C., Gómez-García, G. & Ramos Navas-Parejo, M. (2020). Educational Innovation in Higher Education: Use of Role Playing and Educational Video in Future Teachers' Training. *Sustainability*, 12(6), 2558. <https://doi.org/10.3390/su12062558>

11. Peregudova, V. (2023). People learn fastest on the barricades: Science at war. *Management in Education*. <https://doi.org/10.1177/08920206231188018>

12. Polishchuk, Y., Lyman, I. & Chugaievska, S. (2023). The «Ukrainian Science Diaspora» initiative in the wartime. *Problems and Perspectives in Management*, 21(2), 153–161. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2-si\).2023.18](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2-si).2023.18)

13. Popova, A., Kovachov, S., Lopatina, H., Tsybuliak, N., Suchikova, Y. & Bohdanov, I. (2023). High-Quality Digital Bichronous Education for Nanoengineers During the War in Ukraine: Does Technology Knowledge Matter? In 2023 *IEEE 5th International Conference*

on Modern Electrical and Energy System (MEES). IEEE. <https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402460>

14. Suchikova, Y., Tsybuliak, N., Lopatina, H., Shevchenko, L. & I. Popov, A. (2023). Science in times of crisis: How does the war affect the efficiency of Ukrainian scientists? *Problems and Perspectives in Management*, 21(1), 408–424. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(1\).2023.35](https://doi.org/10.21511/ppm.21(1).2023.35)

15. Suchikova, Y. (2023). A year of war. *Science*, 379(6634), 850. <https://doi.org/10.1126/science.adh2108>

16. Suchikova, Y., Bohdanov, I., Kovachov, S., Bardus, I., Lazarenko, A. & Shishkin, G. (2021). Training of the Future Nanoscale Engineers: Methods for Selecting Efficient Solutions in the Nanostructures Synthesis. In 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ukrcon53503.2021.9575745>

АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена аналізу викликів та стратегій розвитку високотехнологічної освіти в Україні у контексті сучасних глобальних та локальних викликів, зокрема в умовах воєнного стану. В основу дослідження покладено комплексний підхід "Наука - Освіта - Інноваційне підприємництво", який визначає викладача закладу вищої освіти як ключову фігуру в процесі інтеграції наукових ідей та інновацій в освітній процес та залучення студентів до дослідно-конструкторської діяльності. Стаття висвітлює п'ять основних викликів, з якими стикається високотехнологічна освіта в Україні: розрив між освітніми результатами та потребами галузі, недостатні інвестиції в дослідження та розробки, обмежений доступ до сучасної інфраструктури та технологій, відтік мізків та наукова міграція, а також потреба в постійному навчанні та адаптації. У статті пропонуються стратегії подолання цих викликів, які включають зміцнення зв'язків між університетами та промисловістю, збільшення інвестицій у наукові дослідження, модернізацію освітньої інфраструктури, створення умов для утримання кваліфікованих кадрів в країні та розвиток систем навчання, які б сприяли постійній адаптації та професійному розвитку. Особлива увага приділяється ролі викладача в процесі модернізації вищої освіти, з акцентом на необхідності переходу від студентоцентризму до моделі, яка б зосереджувалася на збереженні та розвитку академічного потенціалу, що в кінцевому підсумку зміцнить університетську підготовку в моделі Потрійної спіралі.

Ключові слова: модель «Потрійної спіралі», вища освіта, університети, наука, підприємництво, Україна, війна.