

суспільних дисциплін історичного факультету Українського державного університету імені Михайла Драгоманова.

Наукові інтереси: методика інтерпретації історичних нарративів у процесі навчання історії у післявоєнний період.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

ZAGREBELNA Nina – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Methodology and Techniques of Teaching Social Disciplines,

Faculty of History, Mykhailo Dragomanov Ukrainian State University.

Scientific interests: methods of interpreting historical narratives in the process of teaching history in the post-war period.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2026 р.
Стаття прийнята до друку 26.03.2026 р.

УДК 378.147:621.7

DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-223-513-523

ISSN 2415–7988 (Print) ISSN 2521–1919 (Online)

ТКАЧУК Андрій –

кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7316-0107>
e-mail: A.I.Tkachuk@cuspu.edu.ua

АБРАМОВА Оксана –

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри технологічної та професійної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1802-8274>
e-mail: abramova1978oks@gmail.com

ПУЛЯК Ольга –

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри технологічної та професійної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-5620>
e-mail: olapuliak@gmail.com

НОВІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУЛЮВАННЯ ОСНОВНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЙ ПРИ ВИВЧЕННІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ТА ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

У статті обґрунтовано необхідність та розроблено нові підходи до формулювання основної термінології й класифікації при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів у контексті підготовки майбутніх учителів технологій на освітній програмі «Середня освіта (Технології)». Актуальність проблеми зумовлена інтеграцією традиційних технологій обробки матеріалів з інноваціями Industry 4.0 (кібер-фізичні системи, Інтернет речей, цифрові двійники, адитивне виробництво, штучний інтелект) та перспективами Industry 5.0 (людиноцентричність, сталість, резилієнтність) у вищій педагогічній освіті України. Виявлено термінологічну неоднозначність у дисциплінах «Технології обробки матеріалів» (бакалаврський рівень) та «Сучасні конструкційні матеріали та технології виробництва» (магістерський рівень), що ускладнює формування професійних компетентностей відповідно до Державного стандарту базової середньої освіти (2020) та європейських вимог.

Метою дослідження є наукове обґрунтування й розробка комплексної системи термінів та класифікацій, адаптованої до педагогічного контексту. На основі системного аналізу традиційних матеріалознавчих підходів (субтрактивні, формувальні процеси) та концепцій четвертої й п'ятої промислових революцій запропоновано низку нових понять: «цифрова технологічна компетентність», «гібридна обробка матеріалів», «людиноцентрична обробка матеріалів», «стійка (резилієнтна) технологія виробництва», «цифровий двійник матеріалу з людським контуром», «гібридна колаборативна обробка». Розроблено п'ятирівневу класифікаційну модель технологій виробництва та обробки матеріалів: традиційні; адитивні; гібридні; інтелектуальні (Industry 4.0); людиноцентричні стійкі (Industry 5.0).

Запропоновано уніфіковане визначення технології як сукупності цілеспрямованих і відтворюваних процесів перетворення атомів/елементарних частинок вихідного середовища шляхом контрольованих електромагнітних, сильних, слабких і гравітаційних взаємодій. Розглянуто еволюцію технологій у контексті популяційних економік (від економіки тварин і рослин до гіпотетичних рівнів модифікованих людей та надвисокорозумних машин) та їх класифікацію за видом середовища (природні, техногенні, соціальні), впливом на форму (нормальні, формні: дистрибутивні, субтрактивні, адитивні, гібридні, пікотехнології) та функціональним призначенням (компенсаторні, адаптивні, конкурентні). Обґрунтовано дидактичні рекомендації щодо впровадження кейс-стаді, віртуальних лабораторій на базі Digital Twins та learning factories для формування компетентностей XXI століття. Результати дослідження сприяють усуненню термінологічної неоднозначності, підвищенню якості підготовки педагогічних кадрів та інтеграції технологічної освіти України в європейський освітній простір.

Ключові слова: технологічна освітня галузь, Industry 4.0 та 5.0, сучасні технології виробництва та обробки матеріалів, термінологія і класифікація технологій, цифрова технологічна компетентність.

TKACHUK Andriy –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technologies, Mathematics and Natural Sciences

of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7316-0107>
 e-mail: A.I.Tkachuk@cuspu.edu.ua

ABRAMOVA Oksana –

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological and Vocational Education
 Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1802-8274>
 e-mail: abramova1978oks@gmail.com

PULIAK Olha –

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological and Vocational Education
 Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-5620>
 e-mail: olapuliak@gmail.com

NEW APPROACHES TO DEFINING KEY TERMINOLOGY AND CLASSIFICATIONS IN THE STUDY OF MODERN MATERIALS PRODUCTION AND PROCESSING TECHNOLOGIES

This article justifies the need for and develops new approaches to defining key terminology and classifications in the study of modern materials production and processing technologies within the context of training future technology teachers in the «Secondary Education (Technology)» program. The relevance of this issue stems from the integration of traditional materials processing technologies with Industry 4.0 innovations (cyber-physical systems, the Internet of Things, digital twins, additive manufacturing, artificial intelligence) and the prospects of Industry 5.0 (human-centeredness, sustainability, resilience) in higher teacher education in Ukraine. Terminological ambiguities have been identified in the disciplines «Materials Processing Technologies» (bachelor's level) and «Modern Structural Materials and Production Technologies» (master's level), which complicates the development of professional competencies in accordance with the State Standard for Basic Secondary Education (2020) and European requirements. The aim of this study is to provide a scientific rationale for and develop a comprehensive system of terms and classifications adapted to the educational context. Based on a systematic analysis of traditional materials science approaches (subtractive, forming processes) and the concepts of the fourth and fifth industrial revolutions, a series of new concepts is proposed: «digital technological competence», «hybrid materials processing», «human-centered materials processing», «resilient manufacturing technology», «human-contour digital twin of a material» and «hybrid collaborative processing». A five-level classification model of production and materials processing technologies has been developed: traditional; additive; hybrid; intelligent (Industry 4.0); human-centered sustainable (Industry 5.0).

A unified definition of technology is proposed as a set of purposeful and reproducible processes for transforming atoms/elementary particles of the initial environment through controlled electromagnetic, strong, weak, and gravitational interactions. The evolution of technologies is examined in the context of population economies (from the economies of animals and plants to hypothetical levels of modified humans and super-intelligent machines) and their classification by type of environment (natural, technogenic, social), impact on form (non-formative, formative: distributive, subtractive, additive, hybrid, and pico-technologies) and functional purpose (compensatory, adaptive, competitive). Didactic recommendations are substantiated regarding the implementation of case studies, virtual laboratories based on Digital Twins, and learning factories for the development of 21st-century competencies. The research results contribute to eliminating terminological ambiguity, improving the quality of teacher training, and integrating Ukraine's technology education into the European educational space.

Key words: technological educational field, Industry 4.0 and 5.0, modern manufacturing and materials processing technologies, terminology and classification of technologies, digital technological competence.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Сучасний етап розвитку вищої педагогічної освіти в Україні характеризується інтеграцією традиційних технологій обробки матеріалів із інноваційними підходами Industry 4.0, адитивного виробництва, цифрових двійників та сталого розвитку. У контексті підготовки майбутніх учителів технологій на освітніх програмах «Середня освіта (Технології)» першочергового значення набуває оновлення основної термінології та класифікацій, що використовуються при вивченні дисциплін «Технології обробки матеріалів» (бакалаврський рівень) та «Сучасні конструкційні матеріали та технології виробництва» (магістерський рівень).

Актуальність проблеми зумовлена кількома чинниками. По-перше, швидкий розвиток науково-технічної сфери призводить до появи нових технологічних процесів (наприклад, лазерне різання з динамічним формуванням променя, 3D-друк композитними матеріалами, гібридні технології субтрактивно-адитивної обробки), які не завжди адекватно відображені в існуючій термінологічній базі педагогічних дисциплін [8]. По-друге, Державний стандарт базової середньої освіти (2020) та модельні

навчальні програми з технологій вимагають від учителів формування в учнів компетентностей, пов'язаних із сучасними конструкційними матеріалами та технологіями, що неможливо без чіткої, уніфікованої термінології. По-третє, глобальні виклики (цифровізація освіти, екологічна безпека, інтеграція в європейський освітній простір) диктують необхідність перегляду класифікацій технологій виробництва з позицій компетентнісного, особистісно-орієнтованого та інтегративного підходів.

Відсутність оновлених підходів до формування термінології призводить до термінологічної неоднозначності, що ускладнює засвоєння матеріалу студентами та подальше впровадження знань у шкільну практику. Аналіз сучасних освітніх реалій свідчить про потребу в розробці науково обґрунтованої системи термінів і класифікацій, адаптованої до педагогічного контексту вищої школи. Це дозволить підвищити якість підготовки майбутніх учителів технологій, забезпечити їхню конкурентоспроможність на ринку праці та сприяти інноваційному розвитку технологічної освіти в Україні [4-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема оновлення термінології та класифікацій у

вивченні технологій виробництва та обробки матеріалів активно досліджується як українськими, так і зарубіжними вченими протягом останніх років. Українські дослідження акцентують увагу на дидактичних аспектах. Так, Козинець І.І. та Шабанова Ю.О. у «Словнику новітніх освітянських термінів і понять» пропонують оновлений тезаурус педагогічних понять, що враховує вимоги сучасного законодавства та інтеграцію цифрових технологій у освітній процес. Автори підкреслюють необхідність уніфікації термінів для магістрів педагогічних спеціальностей [2]. Максютов А.О. у посібнику «Основи технологій виробництва» розкриває поняттєво-термінологічні визначення та класифікацію технологій організації самостійної роботи студентів, акцентуючи на мультимедіа та віртуалізації як інструментах вивчення виробничих процесів [4]. Ярошенко О.Г. та колектив авторів у монографії «Теоретичні основи і технологія професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів» обґрунтовують компетентнісний підхід до формування професійних профілів викладачів, включаючи технологічну компетентність у сфері матеріалів і виробництва [5]. Ребуха Л.З. у монографії «Інноваційні технології навчання в умовах модернізації сучасної освіти» аналізує класифікацію педагогічних інновацій, зокрема дистанційні та медіа-технології, що застосовні до вивчення конструкційних матеріалів [1]. Корець М.С. у посібнику з теорії і методики навчання технологій і дизайну розглядає структуру освітніх технологій та їхній вплив на формування умінь обробки матеріалів [3].

Зарубіжні публікації доповнюють аналіз акцентом на матеріалознавчі та виробничі аспекти. Так, Marschallek В.Е. та ін. пропонують нову систематичну класифікацію матеріальних речовин на основі міжнародних стандартів ISO, DIN та інших, що дозволяє уникнути дублювання категорій у матеріалознавстві [15]. Stoebe Т. у статті «Materials Technology Education Processes and Outcomes» підкреслює роль освітніх програм у розумінні взаємозв'язку структури матеріалів, їхніх властивостей та процесів обробки, рекомендує інноваційні методи викладання для багатомовних аудиторій [18]. Neamtu В.В. у книзі «Learning materials processing» детально класифікує процеси металургії, формування, лиття та 3D-друку, акцентуючи на термінологічних відмінностях для студентів інженерних програм [16].

Таким чином, існуючі дослідження висвітлюють окремі аспекти проблеми, але не пропонують комплексного підходу до формування термінології та класифікацій саме в педагогічному контексті підготовки вчителів технологій. Це зумовлює необхідність подальших розвідок.

Метою статті є обґрунтування та розробка нових підходів до формування основної термінології та класифікацій при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів у контексті дисциплін бакалаврського та магістерського рівнів освітньої програми «Середня освіта (Технології)».

Виклад основного матеріалу дослідження. У процесі дослідження було проаналізовано традиційні підходи до термінології та класифікацій технологій обробки матеріалів, що базуються на класичних матеріалознавчих принципах (метали, сплави, неметали; механічна, термічна, хімічна обробка). Сучасні реалії Industry 4.0 вимагають радикального перегляду цих понять, а перспективи Industry 5.0 відкривають

нові горизонти для педагогічного контексту підготовки майбутніх учителів технологій.

Концепція Industry 4.0 (або четверта промислова революція), започаткована в Німеччині 2011 року в рамках стратегії High-Tech Strategy, представляє собою інтеграцію фізичних виробничих систем з цифровими технологіями, що забезпечує створення «розумних заводів» (smart factories). На відміну від попередніх промислових революцій, вона ґрунтується на кібер-фізичних системах (Cyber-Physical Systems, CPS), Інтернеті речей (Internet of Things, IoT), великих даних (Big Data), штучному інтелекті (ШІ), хмарних обчисленнях (cloud computing), адитивному виробництві та цифрових двійниках (Digital Twins). Ці технології дозволяють здійснювати реальний часовий моніторинг, прогнозування та оптимізацію процесів обробки матеріалів, що радикально змінює традиційні підходи. У контексті обробки матеріалів Industry 4.0 трансформує субтрактивні (токарна, фрезерна) та формувальні процеси в інтелектуальні, де цифрові двійники матеріалів і процесів забезпечують віртуальне моделювання властивостей (міцність, пластичність, термостійкість) до їх фізичної реалізації. Зокрема, цифровий двійник є віртуальною копією фізичного об'єкта, яка синхронізується в реальному часі через сенсори та IoT, дозволяючи прогнозувати дефекти матеріалів ще на етапі проектування. Це усуває традиційну термінологічну дихотомію «фізичне – цифрове» і вводить нове поняття «кібер-фізична обробка матеріалів» як інтегративний процес, де CPS поєднує фізичні параметри (температура, тиск, швидкість різання) з алгоритмами ШІ для адаптивного керування. Ключові технології Industry 4.0, що безпосередньо впливають на термінологію дисциплін «Технології обробки матеріалів» і «Сучасні конструкційні матеріали та технології виробництва», включають: 1) **кібер-фізичні системи (CPS)** – інтеграція обчислювальних і фізичних процесів для динамічного керування обробкою (наприклад, адаптивне лазерне різання з реальним часом корекції параметрів); 2) **цифрові двійники (Digital Twins)** – віртуальні моделі матеріалів і процесів, що дозволяють симулювати поведінку композитів або сплавів без фізичних випробувань; 3) **адитивне виробництво (Additive Manufacturing)** – 3D-друк як альтернатива традиційній обробці, з термінами «шарова побудова» та «гібридна адитивно-субтрактивна обробка»; 4) **великі дані та ШІ** – аналітика для прогнозування зносостійкості матеріалів та оптимізації технологічних режимів [9; 11; 13; 14; 17].

Industry 5.0 (п'ята промислова революція), концептуалізована Європейською Комісією у 2021 році, не заміщує Industry 4.0, а доповнює її, акцентуючи три ключові стовпи: *human-centricity* (людиноцентричність), *sustainability* (сталість) та *resilience* (стійкість/резилієнтність). Якщо Industry 4.0 фокусувалася на автоматизації, ефективності та цифровій інтеграції, то Industry 5.0 повертає людину в центр виробничого процесу, поєднуючи креативність, інтуїцію та прийняття рішень людини з точністю та швидкістю машин. Технології Industry 4.0 (IoT, AI, Digital Twins, cobots – колаборативні роботи) використовуються для посилення людських можливостей, а не для їх заміни. У сфері обробки матеріалів Industry 5.0 відкриває перспективи переходу від масової персоналізації (*mass customization*) до справжньої

індивідуалізації (*mass personalization*) з урахуванням екологічних обмежень планети. Ключовими елементами є: 1) *людина-машина колаборація* – Cobots працюють пліч-о-пліч з оператором, виконуючи небезпечні або монотонні операції (наприклад, точне лазерне різання або складання композитних матеріалів), тоді як людина відповідає за креативне проектування, контроль якості та адаптивні рішення в умовах невизначеності.; 2) *сталість (sustainability)* – інтеграція принципів *circular economy* (повторне використання матеріалів, мінімізація відходів, оптимізація енергоспоживання через AI та Digital Twins, що для обробки матеріалів означає розробку «зелених» технологій – біокомпозити, рецикловані сплави, процеси з низьким вуглецевим слідом тощо); 3) *стійкість (resilience)* – здатність виробничих систем швидко адаптуватися до криз (пандемії, перебоїв в ланцюгах постачань, геополітичні виклики) завдяки децентралізованим, модульним і гібридним системам [9-17].

Ці технології зумовлюють необхідність оновлення термінології. Пропонується ввести поняття «цифрова технологія компетентності» як інтегративну характеристику майбутнього вчителя технологій, що поєднує знання про матеріали, їх обробку та цифрові інструменти (CAD/CAM, цифрові двійники, ШІ для прогнозування властивостей). Термін «сучасна технологія виробництва» визначається як системний процес, орієнтований на сталість, персоналізацію та інтеграцію сенсорів і IoT. Запропоновано термін «гібридна обробка матеріалів» для позначення комбінації субтрактивних і адитивних методів у рамках CPS.

Таким чином, можна запропонувати наступні нові терміни та класифікації для оновлення основної термінології та класифікацій при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів, в контексті Industry 4.0 і 5.0:

1. *Людиноцентрична обробка матеріалів* – процес, де технології посилюють людську креативність і благополуччя працівника.

2. *Стійка (резилієнтна) технологія виробництва* – система, здатна відновлюватися після збоїв з мінімальними втратами ресурсів.

3. *Гібридна колаборативна обробка* – комбінація субтрактивних, адитивних і біологічно-орієнтованих методів з участю cobots та людини.

4. *Цифровий двійник матеріалу з людським контуром* – віртуальна модель, що включає не лише фізичні параметри, але й ергономічні та соціальні аспекти.

З урахуванням Industry 4.0 та перспектив Industry 5.0, традиційна класифікація технологій виробництва та обробки матеріалів може бути доповнена наступною п'ятирівневою моделлю:

1. *Традиційні технології* (субтрактивні: токарна, фрезерна обробка; лиття тощо) – базовий рівень без цифрової інтеграції.

2. *Адитивні технології* (FDM, SLA, SLS тощо) – пошарова побудова з елементами IoT для моніторингу.

3. *Гібридні технології* (комбінація субтрактивно-адитивних процесів з CPS та Digital Twins).

4. *Інтелектуальні (смарт) технології Industry 4.0* (ШІ-кероване виробництво, цифрові двійники матеріалів, адаптивне керування в smart factories).

5. *Людиноцентричні стійкі технології Industry 5.0* (колаборативні системи з фокусом на sustainability та resilience, включаючи cobots і circular processing).

В цілому, можна розглядати власне «технології» – як сукупності цілеспрямованих і відтворюваних процесів створення (перетворення, перебудови) матеріальних об'єктів заданої форми, розмірів, структури, хімічного й енергетичного складу, шляхом перетворення, перерозподілу та/або виокремлення атомів (атомних ядер, елементарних частинок) або їх комбінацій з/у вихідного(му) середовища(і) («сировини(і)») за допомогою відповідних контрольованих послідовностей електромагнітних (а також сильних, слабких і гравітаційних) взаємодій та енергетичних затрат на це. *Кінцевим результатом реалізації технологій* є створення продуктів (предметів) споживання – матеріальних і нематеріальних благ (наприклад, економічних благ (товарів і послуг) з точки зору системи економічних взаємовідносин у межах суспільства), – об'єктів споживання, для задоволення біологічних, соціальних і духовних потреб суб'єктів споживання – особин, що наділені високорозвинутою свідомістю, і які безпосередньо самі не здатні задовольнити відповідні свої потреби без споживання відповідних «зовнішніх» продуктів. Саме тому, для задоволення своїх потреб чи досягнення мети в рамках суспільства суб'єкт споживання змушений (вмотивований) вступати в складну систему економічних взаємовідносин та, в якості такого специфічного елемента цієї системи, як «Виробник↔Споживач», здійснювати свою цілеспрямовану трудову діяльність (працю) для прямого чи опосередкованого виготовлення продуктів споживання та/або їх перерозподілу, в тому числі транспортування, зберігання, модифікації, вдосконалення тощо. Тому, з точки зору ступеня «наближення» кінцевого продукту споживання до безпосереднього задоволення потреби суб'єкта споживання (за Карлом Менгером – це блага першого, другого, третього й т.д. порядку), технології можна розділити на *технології виробництва продуктів споживання* і *технології споживання цих продуктів* відповідного порядку.

Сучасні технології виробництва за відповідною галуззю можна поділити на *гірничі, машинобудівні, будівельні, хімічні, харчові, енергетичні, транспортні, ядерні, інформаційні і телекомунікаційні технології*, а також *біо-, мікро- і нанотехнології*. Технології виробництва за певним матеріалом і способом його отримання чи оброблення поділяють на *технології металів, волоконних матеріалів, полімерів* тощо. Так, *технології металів* є сукупностями відповідних способів і прийомів їх одержання й обробки, до яких відносять підготовку (збагачення) металеві руди, вилучення з неї металу, виробництво металевого сплаву й одержання з нього заготовки і деталі. Сюди також відносять *технології ливарного виробництва, обробки металів тиском і різанням, нанесень захисних покриттів, паняння, зварювання, термічної обробки* тощо. В залежності від впливу на форми виробів, *основні процеси виробництва й обробки конструкційних матеріалів* можна поділити на:

1. *Нонформні*, що не впливають на форми деталей (процеси формування властивості поверхневого шару, зміни властивості матеріалу, з'єднання тощо).

2. *Формні*, що впливають на форми деталей (первинні і вторинні процеси отримання заготовок, їх оброблення тощо), та поділяються на *класи*:

а) *дистрибутивні процеси*, при яких відбувається зміна початкових форм (безформних або попередньо створених) у нові форми заготовок чи готових деталей за рахунок *дистрибуції* (перерозподілу) *матеріалу* (первинні і вторинні процеси отримання заготовок чи деталей);

б) *субтрактивні процеси*, при яких відбувається зміна початкових форм заготовок у нові шляхом *субтракції* (видалення) *частини матеріалу* з окремих поверхонь деталей (процеси оброблень матеріалів);

в) *адитивні процеси*, при яких відбувається зміна початкових форм виробів (від їх відсутності до попередньо сформованих) шляхом *пошарового додавання матеріалів*;

г) *гібридні технології*, що у різному співвідношенні поєднують в собі попередньо визначені класи процесів;

д) *процеси контрольованого атомарного синтезу* (нікотехнології) – гіпотетичні технології, при яких відбуватиметься зміна початкових форм виробів (від їх відсутності до остаточно сформованих) шляхом *поатомного бD-контрольованого додавання різних хімічних елементів найвищої чистоти* для отримання *структурнодосконалих матеріалів*.

За *видом середовища*, в якому *реалізуються сучасні технології*, їх можна поділити на:

1) *природні технології*, що реалізуються в *природному середовищі* (Біосфері 1.0 планети Земля) внаслідок запрограмованих ДНК (РНК) біогеохімічних процесів, які не контролюються людьми, наприклад, харчові технології синтезу потенційних харчових продуктів споживання або сировини для їх виробництва в живих організмах у «дикій природі»;

2) *техногенні (штучні) технології*, що реалізуються в *техногенному середовищі* (Техносфері 1.0 планети Земля) внаслідок безпосередніх дій людей або під їх прямим чи опосередкованим контролем за допомогою техногенно-змінених живих організмів та/або штучно створених знарядь (інструментів, обладнання й устаткування, машин, споруд, зброї та ін.), наприклад, харчові технології синтезу харчових продуктів споживання або сировини для їх виробництва в культурних рослинах і свійських тваринах;

3) *соціальні технології*, що реалізуються в *соціальному середовищі* (Соціумі) внаслідок соціальних взаємовідносин (економічних, соціально-політичних, ідеологічних, культурних, побутових, сімейних тощо) між людьми у всіх видах і рівнях соціальних спільнот, наприклад, інформаційні технології створення розважального інформаційного продукту заданого контенту.

Створення і розвиток техногенних і соціальних технологій реалізуються в суспільстві, що в свою чергу визначає рівень розвитку відповідної *системи економічних взаємовідносин – популяційної економіки*.

За *видом і рівнем розвитку як технологій виробництва і споживання, так і суб'єктів споживання*, можна виділити наступні *рівні реалізації, організації та функціонування популяційних економік в історії людства*:

І. *Економіка тварин і рослин*, при якій *суб'єкт споживання – розумна тварина* (наприклад, найдавніші і стародавні люди (*Ното*) – представники роду *приматів* родини *гомінідів*, що жили на нашій

планеті Земля ~ від 3,5 млн. до 50 тис. років до н.е., – це *людина прямоходяча* (*Homo erectus*), *людина уміла* (*Homo habilis*), *людина працююча* (*Homo ergaster*), *гейдельберзька людина* (*Homo heidelbergensis*), *людина флоресійська* (*Homo floresiensis*), *людина родезійська* (*Homo rhodesiensis*), *людина наледі* (*Homo naledi*), *денісівська людина* (*Homo denisovensis*), *людина розумна неандертальська* (*Homo sapiens neanderthalensis*), *людина Ідальту* або *людина розумна найстаріша* (*Homo sapiens idaltu*) та ін.), використовує для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що *виробляються іншими тваринами і рослинами*, або за допомогою них. Для самих «первісних суспільств» *Ното* (від *первісного стада* до *первісної общини*) *штучні технології* реалізуються у виготовленні та використанні *примітивних знарядь праці, зброї і предметів культу* з *дерева, каменю і кістки*, а також в різних початкових формах *збиральництва, полювання і рибальства*. Починається *використання возню і термічної обробки харчових продуктів*, з'являються *перші інформаційні продукти* у вигляді достатньо повноцінних, складних усних мовних повідомлень.

II. *Економіка людей, тварин і рослин*, при якій *суб'єкт споживання – «сучасна» людина* (*людина розумна найрозумніша* (*Homo sapiens sapiens*) в період від 50 тис. до 1 тис. років до н.е.), використовує для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що *виробляються іншими людьми, тваринами і рослинами*, або за допомогою них, при цьому переважають *продукти тваринного і рослинного походження* а також ті, що *вироблені з допомогою їх частин (тіл)*. У *технологіях виробництва і споживання благ*, при переході від *первісних суспільств* до *перших цивілізацій* (*шумерської, асирійської, вавилонської, давньоєгипетської, мінойської, елінської, давньоіндійської, давньокитайської* та ін.) відбувається перехід від *збиральництва і полювання до землеробства (поливного рільництва) і тваринництва (кочового скотарства)*, а також до більш складних *технологій виробництва кам'яних і кістяних знарядь* (з використанням *технік пиляння, шліфування, свердління*), *зброї* (винайдення достатньо ефективних *луку та стріл, списів, ножів, сокир, обладунків* та ін.), *поява кераміки і ткацтва, житлових і культових споруд, візків з колесами, систем зрошування (іригації) та водовідведення*. Вже у *мідну і бронзову добу* (від VI до I тисячоліття до н.е.) спостерігається виникнення і розвиток *перших технологій обробки металів (металургії)*, що призвело до появи *перших металевих знарядь, зброї та прикрас* із *золота, срібла, міді і олова (бронзи)*, та *перших рабовласницьких держав*. Винайдення *мистецтв, писемності і релігії* дозволило розширити й ускладнити спектр *інформаційних продуктів* тощо. Саме з появою понад 8 тис. років тому різних видів *писемності*, що пов'язують з так званою «*Першою інформаційною революцією*», у людей з'явилися можливості фіксувати знання (складні інформаційні продукти) за допомогою певних знаків на матеріальних носіях, відчужуючи їх від виробників, та передавати ці знання від людей до людей (від поколінь до поколінь) без безпосередньої взаємодії (прямого спілкування) між ними за допомогою усних повідомлень. Паралельно з цим з'являються й активно розвиваються *технології виробництва і масового споживання наркотичних сполук природ-*

ного походження (алкоголю, опіатів (в першу чергу – опію), психостимуляторів (кокаїну, кофеїну, нікотину, канабісу, галюциногенів (грибів)).

III. Економіка людей, тварин, рослин і машин, при якій суб'єкт споживання – сучасна людина (людина розумна найрозумніша (*Homo sapiens sapiens*)) в період від X ст. до н. е. і по XVIII ст. н. е.), використовує для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що виробляються іншими людьми, тваринами, рослинами і машинами, або за допомогою них. Саме поява і розвиток в ранню залізну добу (з початку I тис. до н. е. до V ст. н. е.) *технологій обробки заліза, виготовлення залізних знарядь праці і зброї, перших простих машин (механізмів, що перетворювали величину або напрям певних прикладених сил без споживання енергії) і кораблів*, й навіть *перших мануфактур (підприємств, що базувались на використанні ручної праці найманих працівників, поділеної на окремі виробничі операції)*, створило умови для виникнення та розвитку *античних цивілізацій (фінікійської, греко-римської, перської, індійської, китайської, японської та ін.)*. Подальший розвиток технологій призвів до виникнення та/або розвитку *середньовічних і ранньо-індустріальних цивілізацій доби VI-XVII ст. н. е. (візантійської, східноєвропейської, східнослов'янської, західноєвропейської, мусульманської, китайської, індійської, японської та ін.)*. Розвивається *ручне, ремісничо-мануфактурне й доморобне виробництво*. У *технологіях виробництва*, а саме, у *технології обробки матеріалів* починають застосовувати *верстати і найголовніше – верстати (стаціонарні машини для оброблення матеріалів і деталей)*. Вже в цей період вони вже поділяються за типом оброблюваних матеріалів на *каменеобробні, деревообробні, металообробні, ткацькі і друкарські верстати*, а за організаціями рухів інструментів відносно оброблюваних деталей (видом і числом ступенів свободи деталі та інструменту) – *токарні, свердлильні, фрезерні, шліфувальні, стругальні, довбальні верстати*. У XVII ст. н. е. з'явилися *токарні верстати*, для яких приведення у рух оброблюваного виробу здійснювалось вже не м'язовими зусиллями майстра (токаря), а за допомогою *водяних і навіть вітрових коліс*. Саме з винайденням і поширенням в XV ст. н. е. *друкарства (книгодрукування)*, яке пов'язує з так званою «Другою інформаційною революцією», завдяки *тиражуванням знань* у багатьох верств населення цих феодально-промислових суспільствах з'явився широкий доступ до *різноманітних інформаційних продуктів (інформації)*, що радикально змінило суспільства, створило в них додаткові можливості залучень до культурних цінностей. *Друкарство* значно полегшило виготовлення *друкованих форм*, що складаються із наперед підготовлених технічних деталей і елементів, створило можливість багаторазових повторних їх використання, та суттєво спростило і полегшило весь *процес нагромадження й передачі значних обсягів інформації*. Винайдення й вдосконалення *технологій виробництва і застосування димного (чорного) пороху та вогнепальної зброї* (в тому числі – перших *пістолетів, рушниць, гаубиць (мортир) і гармат із стволами та набоями до них з міді, бронзи, чавуну і навіть сталі* (в кінці періоду)) поступово змінило масштаби і тактику ведення бойових дій і навіть війн загалом.

IV. Економіка людей, машин, тварин і рослин, при якій суб'єкт споживання – сучасна людина (людина розумна найрозумніша (*Homo sapiens sapiens*)) в період від XVIII ст. н. е. і по теперішній час), використовує для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що виробляються іншими людьми, машинами, а також *селекційно зміненими тваринами і рослинами*, чи за допомогою них. Подальший розвиток технологій призвів до виникнення та/або розвитку *індустріальних і постіндустріальних цивілізацій доби XVIII-XXI ст. н. е. (західноєвропейської, східноєвропейської, північноамериканської, латиноамериканської, океанічної, китайської, індійської, японської, африканської та ін.)*. За рівнем розвитку технологій цей період поділяють на шість підперіодів – так званих «технологічних устрій», що характеризуються певними сукупностями пов'язаних синхронно змінних виробництв, які мають єдині технологічні рівні (покоління техніки).

«Перший технологічний устрій» (XVIII ст. н. е.), що характеризується початком «Першої промислової (індустріальної) революції» – початку розвитку *індустріальних технологій*, – переходу від ручних, ремісничо-мануфактурних і доморобних до *великих машинних фабрично-заводських виробництв і транспортних систем з робочими машинами*, які замінюють *ручну працю людини на механізовану з поточним виробництвом* (наприклад, *прядильні машини на текстильних фабриках* новоствореної *текстильної промисловості*). Починає виокремлюватися самостійна *машинобудівна галузь з виробництвом машин з допомогою машин*.

«Другий технологічний устрій» (перші дві треті XIX ст. н. е.), що характеризується початком «Епохи пари» – запровадженням *технологій парових машин у промисловість, гірничу справу, судноплавство і залізницю* (наприклад, *паровозів*). Відбувається бурхливий розвиток *металообробних технологій*, в першу чергу з допомогою верстатів, зокрема, *токарних автоматів з магазинами, розподільними валами, циліндричними і плоскими кулачками*. Винайдення першого електромагнітного та *електро-механічного телеграфу* з розробкою *телеграфного коду (азбуки Морзе)* призвело до розвитку *телеграфних ліній з майже миттєвою передачею інформаційних повідомлень (телеграм)* на значні відстані, навіть за допомогою *трансатлантичних кабелів*. Поява перших *фотоапаратів і фотографічних пластин* для них дозволила говорити про початок розвитку *технологій безпосередньої реєстрації статичних оптичних зображень (візуального образу) на певних поверхнях (об'єктах)* без замальовування їх людиною «вручну», з подальшим формуванням послуги і навіть мистецтва *фотографії*.

«Третій технологічний устрій» (остання третина XIX ст. – перша чверть XX ст. н. е.) характеризується початком «Другої промислової (технологічної) революції» або «Епохи сталі», коли розвиток *технологій масового виробництва якісної сталі* на спеціально збудованих заводах для *чорної металургії* (наприклад, конвертера з бесемерівським процесом, мартенівського, томасівського та електродугового способів виплавки сталі) дозволив запровадити масове прокатне виробництво заготовок і виробів зі сталі для будівництва кораблів, залізничного транспорту, різного типу споруд. Розвиток *неорганічної хімії* призвів до виникнення і розвитку технології *хімічної*

промисловості, зокрема, виробництва штучних добрив, синтетичних вибухових речовин (наприклад, бездимного пороху, динаміту і тротилу). Початок поступового переходу від головного енергоносія – вугілля, до нафти з одночасним розвитком технологій парових турбін і двигуна внутрішнього згорання стало підґрунтям для винайдення перших автомобілів і літаків та початку їх масового виробництва. Розвиток технологій генерації, передачі і використання електричної енергії (наприклад, електроосвітлювальних пристроїв з лампами розжарення, електромобілів з електродвигунами, телефонів і телефонних станцій, радіо, фонографів і кіноапаратів) дозволив розпочати електрифікацію багатьох країн і «Третю інформаційну революцію» зі швидкою передачею контрольованих інформаційних повідомлень (в тому числі, звукових образів) у великих обсягах на великі відстані та появи нової галузі в індустрії масових розваг – кінематографу (кіноіндустрії та кінотехнологій). В той же час, розвиток технологій масового виробництва ефективно зброї (наприклад, кулеметів і гвинтівок з унітарними набоями, мобільних багатокаліберних гармат, металевих багатотоннажних військових кораблів і підводних човнів) на більш високому рівні стало підґрунтям для початку Першої світової війни (1914-1918 рр.), створення і масштабного застосування хімічної зброї масового ураження.

«Четвертий технологічний устрій» – друга і третя чверть XX ст. н.е., який можна назвати «Епохою нафти і атома», коли розвиток технологій нафтової і атомної енергетики, нафтохімії, конвеєрного виробництва в машино-, автомобіле-, літако- і ракетобудуванні з широким використанням різних металевих сплавів і синтетичних матеріалів, вдосконалених двигунів внутрішнього згорання, реактивних і турбореактивних двигунів, призвів до бурхливого розвитку економік багатьох країн світу і початку демографічного вибуху з різким зростанням чисельності населення нашої планети Земля з 2 до 4 млрд. людей. Розвиток дрютяного телефонного зв'язку, радіозв'язку, літератури, преси, кіно і телебачення, магнітних накопичувачів інформації, електронно-обчислювальних систем, електронної і космічної промисловості (комп'ютери, лазери, штучні супутники і пілотовані космічні кораблі) дозволили значно розширити й ускладнити технології виробництва і споживання широкого спектру інформаційних продуктів, навіть для масштабного соціального програмування і маніпулювання. В той же час, розвиток технологій масового виробництва сучасної зброї (наприклад, танків і металевих літаків, мобільних ефективних систем радіозв'язку, реактивних систем вогню, авіабомб і ракет) на новому якісному рівні стало підґрунтям для початку Другої світової війни (1939-1945 рр.), створення і використання ядерної зброї масового ураження.

«П'ятий технологічний устрій» – остання чверть XX ст. – початок XXI ст. н.е. Його ще називають «Епохою комп'ютерів і телекомунікацій (Четвертої науково-технічної революції)». Цей уклад «спирається на досягнення в області мікроелектроніки (мікропроцесорної обчислювальної техніки), оптико-волоконної техніки, інформатики (програмного забезпечення) та інформаційних технологій, роботобудування, біотехнологій, генної інженерії, нових видів енергії, матеріалів, освоєння космічного

простору, супутникового зв'язку, технологій видобування і переробки природного газу (газохімії)». Саме з винайденням і поширенням в 70-ті рр. XX ст. мікропроцесорних технологій і персональних комп'ютерів з програмним забезпеченням пов'язують початок так званої «Четвертої інформаційної революції», вершиною якої стало створення і бурхливий розвиток технологій Інтернету, що забезпечили глобальний обмін величезної кількості різноманітних інформаційних продуктів.

«Шостий технологічний устрій» – розпочався в другій половині першої чверті XXI ст. н.е. Його можна назвати «Епохою нанотехнологій», оскільки ключовим чинником в ньому є нано- і клітинні технології, а перевагою у порівнянні з попередніми може стати різке зниження енергоємностей і матеріаломісткостей виробництв, розмірів робочих машин, в конструюваннях організмів і матеріалів із наперед заданими властивостями. До «ядра» шостого технологічного устрою можна віднести такі технології: адитивні технології, нанохімію, біоінженерію, нанобіотехнології, наномедицину, синтетичну біологію, роботизовану хірургію, робототехніку, наносистемну техніку, технології «штучного інтелекту» і «сильного штучного інтелекту» в різних галузях, Інтернету речей, наноелектроніку, молекулярну і нанофотоніку, наноенергетику, наноструктуровані покриття і наноматеріали, освітні і гіперінформаційні технології у поєднанні з когнітивними науками і соціогуманітарними технологіями, VR- і AR-технології (віртуальні і доповненої реальності), технології багаторівневого нейроінтерфейсу, ядерну енергетику з реакторами 4-5 покоління та замкнутим ядерним енергетичним циклом, технології масової колонізації космосу та удосконалення і омолодження людини.

V. Гіпотетична економіка модифікованих людей, розумних машин, штучних тварин і рослин, при якій суб'єкт споживання – модифікована людина (людина розумна найрозумніша, модифікована (*Homo sapiens sapiens, mutata intellegentissima*) в період від ~ остання третина XXI ст. н.е. по ~ остання третина XXII ст. н.е.), використовуватиме для задоволення своїх потреб продукти споживання, що в основному вироблятимуться іншими модифікованими людьми, розумними машинами, а також генетично зміненими тваринами і рослинами, чи за допомогою них. Такий розвиток технологій може призвести до виникнення та/або розвитку транспланетарних цивілізацій, з рівнями розвитку технологій в рамках гіпотетичних «сьомого-дев'ятого технологічних устроїв». Також можлива реалізація «П'ятої інформаційної революції», обумовленою розвитком технологій «Загального (Сильного) штучного інтелекту» «AGI» (*Artificial General Intelligence*) та ще більш розвинутого «Штучного суперінтелекту» (*Artificial Superintelligence, ASI*), що, як: «гіперінтелектуальна суперістота» буде здатен мати не просто «Власну свідомість» зі «Своїм баченням світу» а й обробляти та аналізувати всі дані з максимально можливою швидкістю і точністю, та розв'язувати самі найскладніші проблеми у всіх галузях людства [7].

VI. Гіпотетична економіка модифікованих людей і високорозумних машин, при якій суб'єкт споживання – модифікована людина (людина розумна найрозумніша, модифікована (*Homo sapiens sapiens, mutata intellegentissima*) в період від ~ остання

третина ХХІІ ст. н. е. по ~ кінець ХХІІІ ст. н. е.), використовуватиме для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що в основному *вироблятимуться іншими модифікованими людьми та високорозумними машинами*, чи за допомогою них (повна реалізація *процесів контрольованого атомарного синтезу (нікотехнологій)*). Такий розвиток технологій може призвести до виникнення та/або розвитку *трансзоряних цивілізацій*, з рівнями розвитку технологій в рамках гіпотетичних «десятого-дванадцятого технологічних устроїв».

VII. *Гіпотетична економіка надвисокорозумних машин*, при якій *суб'єкт споживання – надвисокорозумна машина (machina superintellegens)* в період від ~ початок ХХІV ст. н. е.), використовуватиме для задоволення своїх потреб *продукти споживання*, що в основному *вироблятимуться іншими надвисокорозумними машинами*, чи за допомогою них. Такий розвиток технологій може призвести до виникнення та/або розвитку *трансгалактичних цивілізацій*, з рівнями розвитку технологій в рамках гіпотетичних «тринадцятого-... технологічних устроїв».

В той же час, поки що, *рівень розвитку технологій* прямо, обернено та опосередковано (в тому числі, і з додатними та від'ємними зворотними зв'язками) *пов'язаний з чисельністю, концентрацією, «якістю»* (наприклад, *рівнем і якістю освіти*) та іншими *демографічними показниками популяції сучасних людей – суб'єктів споживання («Виробників↔Споживачів»)* в рамках відповідної *цивілізації Ното* на планеті Земля. Однак, саме в першу чергу, це пряма залежність від кількості «*Споживачів↔Виробників*», що напряду беруть активну участь у надскладній системі економічних взаємовідносин в рамках відповідної *популяційної Економіки*. Так, масштабне «переведення» *рабів, жінок і дітей* у відповідні періоди розвитку економік із фактичних «*засобів виробництва*» у повноцінних (купівельно-здатних) «*Виробників↔Споживачів*», з наданням їм розширених прав та радикальної зміни статусу (наприклад, відміна рабства, надання громадянства, права голосу (виборного права), права на власні кошти та їх використання, запровадження ювінального права тощо) напряду пов'язано із *необхідністю різкого збільшення чисельності «Споживачів↔Виробників»* для *різкого збільшення товарообігу і послуг* (й, відповідно, *різкого збільшення прибутків від цього*), та, як наслідок, *збільшення обсягів і різноманіття продуктів споживання і ще більш інтенсивного розвитку технологій виробництва і споживання за умови повноцінної конкуренції між виробниками*.

При врахуванні *особливостей анатомії і фізіології сучасних суб'єктів споживання, технології* можна також поділити на «*компенсаторні*», «*адаптивні*» і «*конкурентні*». В свою чергу, «*компенсаторні технології*», як технології, що створюються і вдосконалюються для забезпечення таких потреб суб'єктів споживання, які дані суб'єкти не можуть повністю забезпечити лише за рахунок функціонування їх організму, можна умовно поділити на:

1) *технології «зовнішнього шлунку»* – від первинних технологій приготування їжі за допомогою вогню (вогнища) до кулінарного мистецтва і харчової промисловості (навіть 3D-друку їжі, а в перспективі – її повного синтезу);

2) *технології «зовнішніх м'язів»* – від технологій застосування простих механізмів для переміщення важких предметів до сучасних машин і машинобудівної промисловості;

3) *технології «зовнішніх ікл та кігтів»* – від застосування примітивних знарядь вбивства з дерева, каменю і кісток до технологій виробництва і застосування високоточної зброї (зброї масового ураження) та надсучасного військово-промислового комплексу загалом;

4) *технології «зовнішнього мозку»* – технології зовнішнього (поза головним мозком людини) накопичення, обробки, синтезу та передачі інформаційних продуктів – від найпершої писемності та «Антикітерського механізму» до сучасних передових ШІ-технологій на основі «Великих Мовних Моделей» (*Large Language Models*), що в свою чергу функціонують на основі гігантських ШІ-суперкомп'ютерів з сотнями тисяч і навіть мільйонами ШІ-процесорів (Blackwell GB200; Blackwell Ultra (GB300); Rubin і Rubin Ultra);

5) *технології «зовнішнього імунітету»* – від примітивних застосувань лікарських властивостей окремих рослин і тварин (в тому числі, шаманами і чаклунами) до сучасної фармакології та медицини;

6) *технології «інишого тіла»* – від перших примітивних імплантантів зубів і "латок" на черепі до сучасної трансплантації живих органів від донорів до живих пацієнтів та використання роботизованих автономних протезів кінцівок і аналізаторів, а в перспективі – масштабна трансплантація повноцінних штучних органів і систем (не 1-3 одиниці а 30-75 % тіла) з вершиною розвитку цих технологій – повністю нове повноцінне штучне тіло-носії для центральної нервової системи суб'єкта споживання з перспективою повноцінного відновлення нервових клітин і використання допоміжних штучних нейрогліальних клітин при збереженні базової структури нейронних гіпермереж (гіперсіток) та індивідуального когнітому і т.д.

Крім того, враховуючи вищезазначене, у викладанні зазначених дисциплін ми рекомендуємо використовувати кейс-стаді для аналізу термінів Industry 4.0 та Industry 5.0 (наприклад, колаборативне проєктування композитних матеріалів), віртуальні лабораторії з Digital Twins для класифікації процесів обробки матеріалів, та проєкти на базі learning factories (навчальних фабрик), що формують компетентності ХХІ століття: креативність, критичне мислення, цифрову грамотність та екологічну свідомість. Це забезпечує відповідність вимогам Національної рамки кваліфікацій, європейським стандартам та стратегіям розвитку Industry 4.0 і Industry 5.0 в Україні.

Висновки та перспективи подальших розвідок напряду. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано та розроблено нові підходи до формулювання основної термінології й класифікації технологій виробництва та обробки матеріалів, що відповідають вимогам сучасного етапу розвитку вищої педагогічної освіти в Україні. Запропоновані дефініції («цифрова технологічна компетентність», «гібридна обробка матеріалів», «людиноцентрична обробка матеріалів», «стійка (резилієнтна) технологія виробництва» тощо) та п'ятирівнева класифікаційна модель інтегрують досягнення Industry 4.0 (кіберфізичні системи, цифрові двійники, адитивне вироб-

ництво) з принципами Industry 5.0 (людиноцентричність, сталість, резиліентність), усуваючи термінологічну неоднозначність і забезпечуючи відповідність компетентнісному, особистісно-орієнтованому та інтегративному підходам.

Встановлено, що традиційна класифікація технологій (за матеріалом, способом впливу на форму, видом середовища) потребує суттєвого доповнення кібер-фізичними, гібридними та людино-машинними категоріями, що дозволяє формувати у майбутніх учителів технологій цілісне розуміння взаємозв'язку структури матеріалів, їхніх властивостей та інтелектуальних процесів обробки. Запропоновані дидактичні інструменти (кейс-стаді, віртуальні лабораторії Digital Twins, learning factories) забезпечують практичну реалізацію оновленої термінології та сприяють розвитку ключових компетентностей XXI століття.

Отримані результати дозволяють підвищити якість професійної підготовки педагогічних кадрів, їх конкурентоспроможність на ринку праці та інноваційний розвиток технологічної освіти в Україні відповідно до стратегії цифровізації, екологічної безпеки та європейської інтеграції.

Перспективи подальших розвідок у напрямі передбачають: емпіричну верифікацію ефективності запропонованої термінологічної системи та класифікаційної моделі в умовах реального навчального процесу (експериментальні дослідження на вибірках студентів бакалаврського та магістерського рівнів); розробку цифрових освітніх ресурсів (інтерактивних глосаріїв, VR/AR-модулів на базі Digital Twins) для дисциплін «Технології обробки матеріалів» та «Сучасні конструкційні матеріали та технології виробництва»; порівняльний аналіз адаптації оновленої термінології в контексті міжнародних освітніх стандартів (ISO, DIN, європейські рамки кваліфікацій); дослідження впливу впровадження people-centric та sustainable технологій Industry 5.0 на формування екологічної свідомості та креативності майбутніх учителів технологій. Подальші розвідки сприятимуть формуванню сучасної парадигми технологічної освіти, орієнтованої на сталість, інноваційність та гармонійну інтеграцію людини й машини в умовах Industry 5.0.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні технології навчання в умовах модернізації сучасної освіти: монографія / за наук. ред. д. пед. н., проф. Л.З. Ребухи. Тернопіль: ЗУНУ, 2022. 143 с. URL: <https://api.dspace.wnu.edu.ua/api/core/bitstreams/41503d50-fc9d-46a6-832a-51a05f7b04d2/content>.
2. Козинець І.І., Шабанова Ю.О. Словник новітніх освітніх термінів і понять: довід. видання. Дніпро: НТУ «ДП», 2021. 69 с. URL: https://bcsd.org.ua/doc/MetodRes_Terminu.pdf
3. Корець М.С., Іщенко С.М. Теорія і методика навчання технологій і технічних дисциплін. Київ: Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2025. 209 с. URL: <https://enpuirb.udu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1e5e5f02-7a37-4203-a19d-48613efdd320/content>.
4. Максютів А.О. Основи технологій виробництва: посіб. для самостійної роботи студ. Умань: Візаві, 2023. 127 с. URL: [https://dSPACE.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/16674/1/5%20\(1\).pdf](https://dSPACE.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/16674/1/5%20(1).pdf).
5. Теоретичні основи і технологія професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів в умовах інтеграції вищої освіти і науки: монографія. [О.Г. Ярошенко, О.В. Жабенко, Ю.А. Скиба та ін. за ред. О.Г. Ярошенко]. Київ: Інститут вищої освіти НАПН України,

2019. 236 с. DOI: <https://doi.org/10.31874/978-617-7486-26-7-2019>.

6. Теорія і методика навчання технологій: навчальний посібник для здобувачів освіти ступеня молодший бакалавр та бакалавр за спеціальністю А4 Середня освіта (за спеціальностями). [Андрощук І.П., Андрощук І.В., Бербець В.В. та ін.; за заг. ред. О.М. Коберника]. Вінниця: ТВОРИ, 2025. 692 с. URL: <https://eprints.zu.edu.ua/46410/1/1.pdf>.

7. Ткачук А.І. Перспективи розвитку елементної бази мобільних автономних систем AGI. *Цифрова гуманістика: Інформаційні технології та інформаційне моделювання на сучасному етапі розвитку суспільства*: зб. матеріалів II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Кропивницький, 22-23 травня 2025 року. Кропивницький: ПБВ ЦДУ ім. В. Винниченка, 2025. С. 233–237. URL: <https://dSPACE.su.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8e4ef08c-77c6-4118-8c0b-fe5690ebdaec/content>

8. Ткачук А.І. Питання адитивних технологій в наукових дослідженнях та при вивченні процесів і технологій обробки сучасних конструкційних матеріалів. *Наукові записки*. Серія: Педагогічні науки (ЦДУ ім. В. Винниченка). Кропивницький, 2023. Вип. 209. С. 301–307. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2022-1-209-301-307>.

9. Barton M., et al. Identification Overview of Industry 4.0 Essential Attributes and Resource-Limited Embedded Artificial-Intelligence-of-Things Devices for Small and Medium-Sized Enterprises. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12. Iss. 11. 5672. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12115672>.

10. Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. 2021. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1>.

11. Ghobakhloo M., Mahdiraji H.A., Iranmanesh M., Jafari-Sadeghi V. From Industry 4.0 digital manufacturing to Industry 5.0 digital society: A roadmap toward human-centric, sustainable, and resilient production. *Information Systems Frontiers*. 2024. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10476-z>.

12. Ikenga G.U., van der Sijde P. Twenty-First Century Competencies; about Competencies for Industry 5.0 and the Opportunities for Emerging Economies. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. Iss. 16. 7166. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16167166>.

13. Islam M.T., Sepanloo K., Woo S.H., Son Y.-J. A review of the Industry 4.0 to 5.0 transition: Exploring the intersection, challenges, and opportunities of technology and human-machine collaboration. *Machines*. 2025. Vol. 13. No. 4. Article 267. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines13040267>.

14. Jaime A., Osorio-Sanabria M.A., Bernal Torres D.Y. Similarities and differences between Industry 4.0 and Industry 5.0: Towards a transitioning model. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2026. Vol. 3. Suppl. C. Article 100921. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100921>.

15. Marschallek B.E., Jacobsen T. Classification of material substances: Introducing a standards-based approach. *Materials & Design*. 2020. Vol. 193. 108784. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108784>.

16. Neamtu B.V. Learning Materials Processing – The Technology Behind Everyday Products. Cluj-Napoca: U.T. PRESS, 2025. 107 с. URL: <https://biblioteca.utcluj.ro/files/carti-online-cu-coperta/795-8.pdf>.

17. Santhi A.R., Muthuswamy P. Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. *Int. J. Interact. Des. Manuf.* 2023. Vol. 17, Iss. 2. P. 947–979. DOI: [10.1007/s12008-023-01217-8](https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8).

18. Stoebe T., Cossette L., Grady K. Materials Technology Education Processes and Outcomes. *Journal of Advanced Technological Education*. 2024. Vol. 3. № 1. P. 129–140. DOI: [10.5281/zenodo.10557886](https://doi.org/10.5281/zenodo.10557886). URL: <https://micronanoeducation.org/wp-content/uploads/2024/01/J-ATE-3-1-Materials-Technology-Education.pdf>.

REFERENCES

1. Rebukha, L.Z. (Ed.). (2022). *Innovatsiini tekhnologii navchannia v umovakh modernizatsii suchasnoi osvity* [Innovative learning technologies in the conditions of modernization of modern education]. Ternopil, Ukraine: ZUNU. 143 s. URL: <https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/41503d50-fc9d-46a6-832a-51a05f7b04d2/content> [in Ukrainian]
2. Kozynets, I.I., & Shabanova, Yu.O. (2021). *Slovnnyk novitnykh osvitynianskykh terminiv i poniat* [Dictionary of the latest educational terms and concepts]. Dnipro, Ukraine: NTU «DP». 69 s. URL: https://bcsd.org.ua/doc/MetodRes_Terminu.pdf [in Ukrainian]
3. Korets, M., Ishchenko, S. (2025). *Teoriia i metody navchannia tekhnologii i tekhnichnykh dystsyplyn* [Theory and methods of teaching technologies and technical disciplines]. Kyiv, Ukraine: Vyd-vo UDU imeni Mykhaila Drahomanova. 209 s. URL: <https://enpuirb.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1e5e5f02-7a37-4203-a19d-48613efdd320/content> [in Ukrainian]
4. Maksutov, A.O. (2023). *Osnovy tekhnologii vyrobnytstva* [Fundamentals of production technologies]. Uman, Ukraine: Vizavi. 127 s. URL: [https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/16674/1/5%20\(1\).pdf](https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/16674/1/5%20(1).pdf) [in Ukrainian]
5. Yaroshenko, O.H., Zhabenko, O.V., Skyba, Yu.A., et al. (2019). *Teoretychni osnovy i tekhnologiiia profesiinoho rozvytku naukovo-pedahohichnykh pratsivnykiv universytetiv v umovakh intehratsii vyshchoi osvity i nauky: monografiya* [Theoretical foundations and technology of professional development of scientific and pedagogical university staff in the conditions of integration of higher education and science: a monograph]. Kyiv, Ukraine: Instytut vyshchoi osvity NAPN Ukrainy. 236 s. DOI: <https://doi.org/10.31874/978-617-7486-26-7-2019> [in Ukrainian]
6. Androshchuk, I.P., Androshchuk, I.V., Berbets, V.V. et al. (2025). *Teoriia i metody navchannia tekhnologii: navchalnyi posibnyk dlia zdobuvachiv osvity stupenia molodshyi bakalavr ta bakalavr za spetsialnistiu A4 Serednia osvita (za spetsialnostiamy)* [Theory and methods of teaching technologies: textbook for students of junior bachelor and bachelor degree in specialty A4 Secondary education (by specialties)]. Vinnytsia, Ukraine: TVORY. 692 s. DOI: <https://doi.org/10.31874/978-617-7486-26-7-2019> [in Ukrainian]
7. Tkachuk, A.I. (2025). *Perspektyvy rozvytku elementnoi bazy mobilnykh avtonomnykh system AGI* [Prospects for the development of the element base of mobile autonomous AGI systems]. In *Tsyfrova humanistyka: Informatsiini tekhnologii ta informatsiine modeliuвання na suchasnomu etapi rozvytku suspilstva: zb. materialiv II-i Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, m. Kropyvnytskyi, 22-23 travnia 2025 roku* (pp. 233–237). Kropyvnytskyi: RVV CDU im. V. Vynnychenka. URL: <https://dspace.cusu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8e4ef08c-77c6-4118-8c0b-fe5690ebdaec/content> [in Ukrainian]
8. Tkachuk, A.I. (2023). *Pytannia adytyvnykh tekhnologii v naukovykh doslidzhenniakh ta pry vyvchenni protsesiv i tekhnologii obrobky suchasnykh konstruktivnykh materialiv* [Issues of additive technologies in scientific research and in the study of processes and technologies for processing modern structural materials]. *Naukovi zapysky. Serii: Pedahohichni nauky* (CDU im. V. Vynnychenka). 209. S. 301–307. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2022-1-209-301-307> [in Ukrainian]
9. Barton, M., et al. (2022). *Identification overview of Industry 4.0 essential attributes and resource-limited embedded artificial-intelligence-of-things devices for small and medium-sized enterprises*. *Applied Sciences*. 12(11). 5672. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12115672> [in English]
10. Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1> [in English]
11. Ghobakhloo, M., Mahdiraji, H. A., Iranmanesh, M., Jafari-Sadeghi, V. (2024). *From Industry 4.0 digital manufacturing to Industry 5.0 digital society: A roadmap toward human-centric, sustainable, and resilient production*. *Information Systems Frontiers*. Advance online publication. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10476-z> [in English]
12. Ikenga, G.U., & van der Sijde, P. (2024). *Twenty-first century competencies; about competencies for Industry 5.0 and the opportunities for emerging economies*. *Sustainability*. 16(16). 7166. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16167166> [in English]
13. Islam, M.T., Sepanloo, K., Woo, S. et al. (2025). *A review of the Industry 4.0 to 5.0 transition: Exploring the intersection, challenges, and opportunities of technology and human-machine collaboration*. *Machines*. 13(4). 267. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines13040267> [in English]
14. Jaime, A., Osorio-Sanabria, M.A., Bernal Torres, D.Y. (2026). *Similarities and differences between Industry 4.0 and Industry 5.0: Towards a transitioning model*. *Journal of Innovation & Knowledge*. 13(Suppl. C). 100921. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100921> [in English]
15. Marschallek, B.E., & Jacobsen, T. (2020). *Classification of material substances: Introducing a standards-based approach*. *Materials & Design*. 193. 108784. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108784> [in English]
16. Neamțu, B.V. (2025). *Learning materials processing – The technology behind everyday products*. Cluj-Napoca: U.T. PRESS. URL: <https://biblioteca.utcluj.ro/files/carti-online-cu-coperta/795-8.pdf> [in English]
17. Santhi, A.R., & Muthuswamy, P. (2023). *Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies*. *International Journal of Interactive Design and Manufacturing*. 17(2). 947–979. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8> [in English].
18. Stoebe, T., Cossette, I., & Grady, K. (2024). *Materials technology education processes and outcomes*. *Journal of Advanced Technological Education*. 3(1). 129–140. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10557886> [in English]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ТКАЧУК Андрій – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: нові підходи до формулювання основної термінології та класифікації при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів.

АБРАМОВА Оксана – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри технологічної та професійної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: нові підходи до формулювання основної термінології та класифікації при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів.

ПУЛЯК Ольга – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри технологічної та професійної освіти Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

Наукові інтереси: нові підходи до формулювання основної термінології та класифікації при вивченні сучасних технологій виробництва та обробки матеріалів.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TKACHUK Andriy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Information Technologies, Mathematics and Natural Sciences of Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: new approaches to defining key terminology and classifications in the study of modern materials production and processing technologies.

ABRAMOVA Oksana – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological and Vocational Education Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: new approaches to defining key terminology and classifications in the study of modern materials production and processing technologies.

PULIAK Olha – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological and Vocational Education Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

Scientific interests: new approaches to defining key terminology and classifications in the study of modern materials production and processing technologies.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2026 р.

Стаття прийнята до друку 26.03.2026 р.

УДК 37.091.212:001.37]:[378.09:81*243

DOI: 10.36550/2415-7988-2026-1-223-523-528

ISSN 2415–7988 (Print) ISSN 2521–1919 (Online)

ШУНЕВИЧ Богдан –

доктор педагогічних наук, професор,

професор кафедри іноземних мов

Львівського національного університету

ветеринарної медицини та біотехнологій імені Степана Гжицького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-250X>

e-mail: bshunev@gmail.com

ГОРОДЕЦЬКА Наталія –

кандидат психологічних наук, доцент,

завідувач кафедри іноземних мов

Львівського національного університету

ветеринарної медицини та біотехнологій імені Степана Гжицького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9403-0272>

e-mail: 19hnh74@gmail.com

ГУНЯ Леся –

старший викладач кафедри іноземних мов

Львівського національного університету

ветеринарної медицини та біотехнологій імені Степана Гжицького

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0564-481X>

e-mail: hunialesia@gmail.com

ШЛЯХИ ОРГАНІЗАЦІЇ НАУКОВОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ ВИКЛАДАЧАМИ КАФЕДРИ ІНОЗЕМНИХ МОВ

Стаття присвячена організації науково-дослідної роботи студентів (НДРС) у закладах вищої освіти (ЗВО) України на прикладі Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій (ЛНУВМБ) імені С. Гжицького. У процесі дослідження проведено короткий аналіз наукової літератури з цієї тематики та організації НДРС на одному із факультетів ЛНУВМБ.

Основною метою дослідження є огляд результатів роботи студентських наукових гуртків кафедри іноземних мов (ІМ) Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. Гжицького, їх завдань, форм роботи зі студентами, обґрунтування тематики досліджень студентів і перспектив організації студентських досліджень у післявоєнний період.

Описано напрями досліджень студентів під керівництвом викладачів кафедри іноземних мов і, зокрема, під керівництвом Богдана Шуневича, професора кафедри іноземних мов ЛНУВМБ.

Проведений аналіз НДР студентів у нашому університеті показав, що у більшості випадків, студенти проводять дослідження пов'язані зі своєю майбутньою спеціальністю на базі іноземної науково-технічної літератури або у рамках наукової тематики кафедри ІМ.

Теми досліджень, запропоновані студентам професором Б. Шуневичем, дали можливість: провести пошук сучасних електронних навчальних матеріалів, як додатків до основних, запропонованих викладачами, для кращого вивчення дисциплін в процесі навчання; дослідити український і закордонний досвід впровадження сільськогосподарських, промислових та інших робіт в Україні; поділитися досвідом використання штучного інтелекту у науковій та навчальній діяльності студентів. Студенти спочатку виступають з доповідями іноземною мовою на конференціях, які організують викладачі кафедри ІМ, факультетських конференціях, потім на Міжнародному студентському форумі, який організовує кожного року ЛНУВМБ. Наступним етапом є виступи студентів, які успішно пройшли попередні етапи, у співтворстві з викладачем на щорічній міжнародній конференції у Полтавському державному медичному університеті. Ще одним етапом є доповіді студентів освітнього рівня доктора філософії, хто пройшов всі попередні етапи або один з них, на міжнародній конференції у Нью-Йорку (з індексом Скопус).

Матеріали всіх студентських досліджень опубліковані в збірниках тез конференцій в Україні та за кордоном.

Ключові слова: науково-дослідна робота студентів, заклад вищої освіти, кафедра іноземних мов, студентський науковий гурток, платформа масових відкритих онлайн-курсів, штучний інтелект.

SHUNEVYCH Bohdan –

Doctor in Pedagogics, Professor, Professor

of the Department of Foreign Languages at

Lviv Stepan Gzhytskyi National University of

Veterinary Medicine and Biotechnologies

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-250X>

e-mail: bshunev@gmail.com

HORODETSKA Nataliia –

PhD, Associate Professor, the head of the Department