

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ЧЕРЕЗ ІНТЕГРАЦІЮ ДИСЦИПЛІН СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

Юрій Фордзюн

кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії, технологій та професійної освіти

Мукачівський державний університет, вул. Ужгородська, 26, Мукачево, Закарпатська обл., Україна, 89600, k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6709-9525

Руслан Росул

кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії, технологій та професійної освіти

Мукачівський державний університет, вул. Ужгородська, 26, Мукачево, Закарпатська обл., Україна, 89600, k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0009-0008-6855-4612

Євген Лютий

доктор технічних наук, професор кафедри інженерії, технологій та професійної освіти

Мукачівський державний університет, вул. Ужгородська, 26, Мукачево, Закарпатська обл., Україна, 89600, k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-8349-5560

Метою дослідження є розроблення науково обґрунтованих підходів до інтеграції стандартів і матеріалознавчих рішень для підвищення продуктивності виробничих процесів, забезпечення їхньої якості, екологічної безпеки та відповідності сучасним вимогам ринку. Установлено, що стандартизація є важливим інструментом уніфікації технологічних операцій, оптимізації витрат ресурсів і підвищення стабільності виробничих систем.

Методологія дослідження включала кілька етапів. На першому етапі здійснено аналіз наукових джерел та нормативно-правових актів, зокрема національних і міжнародних стандартів, що регулюють матеріалознавство та процеси стандартизації. Відбір інформації здійснювався за критеріями актуальності, наукової значущості та відповідності цілям дослідження. Другий етап передбачав порівняльний аналіз упровадження стандартів у різних галузях промисловості для виявлення ключових тенденцій та переваг. Оцінка ефективності застосування матеріалознавчих рішень була проведена на основі статистичних даних, зокрема інформації Державної служби статистики України щодо інноваційної активності підприємств та обсягів інвестицій у модернізацію виробництва. Це дало змогу обґрунтувати практичні рекомендації щодо інтеграції сучасних матеріалознавчих рішень у виробничі процеси для підвищення їх ефективності та відповідності міжнародним вимогам.

Результати показали, що інтеграція стандартів і матеріалознавчих рішень дає змогу підвищити продуктивність, зменшити виробничі втрати та забезпечити високу якість кінцевої продукції. Виявлено ключові проблеми, як-от недостатня модернізація обладнання, обмеженість інвестицій у розроблення нових матеріалів та складність запровадження стандартів у галузях із низьким рівнем автоматизації. Рекомендовано гармонізувати національні стандарти з міжнародними, упроваджувати сучасні матеріали, розвивати партнерства між підприємствами та науковими установами, а також удосконалювати системи підготовки персоналу.

Доведено, що системний підхід до взаємодії стандартизації та матеріалознавства створює умови для стабільного розвитку підприємств у глобальному середовищі. Практичне значення дослідження полягає у можливості застосування розроблених рекомендацій для підвищення ефективності виробничих процесів, покращення якості продукції та забезпечення відповідності сучасним екологічним стандартам.

Зроблено висновок, що інтеграція стандартів і матеріалознавчих рішень є ключовим чинником оптимізації виробничих процесів, підвищення їхньої конкурентоспроможності та забезпечення сталого розвитку. Це забезпечує можливість досягнення балансу між економічними, екологічними та соціальними аспектами діяльності підприємств.

Перспектива подальших досліджень включає вивчення економічної доцільності впровадження інноваційних матеріалів, розроблення нових моделей адаптації стандартів до специфіки окремих галузей, а також аналіз довгострокових ефектів гармонізації стандартів на міжнародному рівні. Особливу увагу слід приділити питанням інтеграції нових матеріалів у виробничі процеси та оцінці їхнього впливу на глобальну конкурентоспроможність підприємств.

Ключові слова: стандартизація, матеріалознавство, виробничі процеси, продуктивність, екологічна безпека, інноваційні матеріали, гармонізація стандартів.

Вступ, актуальність роботи. Виробничі процеси є ключовим компонентом розвитку промисловості та економіки, адже їх ефективність безпосередньо впливає на конкурентоспроможність продукції та стійкість підприємств до змін ринкових умов. У сучасних умовах глобалізації та інтенсивного технологічного прогресу інтеграція дисциплін стандартизації та матеріалознавства стає однією з головних стратегій для забезпечення підвищення продуктивності виробництва. Упровадження стандартів сприяє уніфікації процесів, оптимізації витрат ресурсів та підвищенню якості продукції. Матеріалознавство, своєю чергою, надає можливість розробляти інноваційні матеріали та технології, які сприяють підвищенню надійності, довговічності та екологічної безпечності продукції.

Взаємодія цих дисциплін забезпечує комплексний підхід до розв'язання проблем ефективного використання ресурсів, зменшення виробничих втрат і покращення характеристик кінцевих виробів. Це особливо актуально для промислових секторів, які стикаються з викликами щораз вищого попиту на високотехнологічну продукцію, що відповідає сучасним стандартам якості та безпеки. Наукова значущість цієї проблематики полягає у необхідності теоретичного обґрунтування та практичної реалізації підходів до інтеграції стандартів і матеріалознавчих рішень у виробничі процеси. Практична важливість полягає у розробленні конкретних методик, які дадуть змогу адаптувати наявні виробничі системи до нових вимог ринку, одночасно підвищуючи їхні продуктивність та екологічну ефективність.

Проблематика підвищення продуктивності виробничих процесів шляхом інтеграції стандартів і матеріалознавчих рішень охоплює широке коло питань, які висвітлюються в наукових публікаціях. Дослідження у цій сфері демонструють важливість взаємозв'язку між гармонізованими стандартами, інноваційними матеріалами та їхнім впливом на ефективність виробництва, водночас виявляючи аспекти, які потребують подальшого вивчення.

У роботі Б. Азізова і С. Закревського [1] здійснено ґрунтовний аналіз інноваційного розвитку технічних наук у контексті стандартизації. Доведено, що впровадження міжнародних стандартів у локальні виробничі процеси сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції та покращенню стабільності виробничих систем. Ці результати підтверджують важливість гармонізації стандартів для досягнення високих показни-

ків продуктивності, що є ключовим для інтеграції з матеріалознавством.

На методологічних підходах до стандартизації у професійній освіті зосереджує увагу А. Каленський [2], наголошуючи, що якісна підготовка кадрів до роботи зі стандартами значно впливає на їх ефективне впровадження у виробничі процеси. Це дослідження є важливим у контексті формування кадрового потенціалу для інтеграції сучасних матеріалів у виробничі ланцюги.

Л. Вербівська [3] досліджує значення сертифікації та стандартизації в оптимізації бізнес-процесів. Обґрунтовано, що стандартизація є основним інструментом управління якістю продукції, а її впровадження сприяє стабілізації виробничих систем. Отримані результати підтверджують роль стандартів у підвищенні ефективності виробництва, зокрема в контексті впровадження новітніх матеріалів.

У роботі М. Головка та М. Архирей [4] акцентовано увагу на досягненнях біоматеріалознавства, що становлять основу для інновацій у виробництві біомедицинської продукції. Установлено, що інтеграція біоматеріалів із покращеними властивостями сприяє підвищенню технічних характеристик продукції. Це дослідження є релевантним для вивчення можливостей адаптації інноваційних матеріалів у широкомасштабному виробництві.

Потенціал української науки у сфері матеріалознавства аналізують Т. Кваша та О. Коваленко [5]. Науковцями доведено, що розвиток інфраструктури для створення новітніх матеріалів дає змогу покращити ефективність виробництва, а впровадження матеріалознавчих рішень безпосередньо залежить від рівня гармонізації стандартів і наявності сучасної технічної бази.

Т. Павлиго [6] підкреслює значення стандартизації у стимулюванні інноваційних процесів, обґрунтовуючи, що гармонізація стандартів дає змогу впроваджувати сучасні матеріали у виробництво і сприяє їх адаптації до вимог ринку. Ці висновки підтверджують взаємозв'язок між стандартами та інноваціями в матеріалознавстві.

Використання методів великих даних для створення нових матеріалів із заданими властивостями досліджують іноземні науковці. Л. Химанен (L. Himanen) та його співавтори [7] доводять, що застосування таких підходів сприяє значному підвищенню ефективності розроблення матеріалів. Це дослідження демонструє перспективність інтеграції сучасних технологій і матеріалів у виробничі процеси.

М. Ешбі (M. Ashby) та його співавтори [8] надають системний огляд сучасних матеріалів, включаючи їхній вплив на продуктивність виробничих систем. Доведено, що використання матеріалів із покращеними характеристиками дає змогу значно скоротити витрати ресурсів, і підкреслено важливість взаємодії між матеріалознавством і стандартизацією.

Прогрес у стандартизації адитивного виробництва розглядають М. Сейфі (M. Seifi) та ін. [9], обґрунтовуючи необхідність створення універсальних стандартів для сертифікації нових матеріалів і технологій. Отримані результати є важливими для впровадження інновацій у виробничі ланцюги.

Вплив стандартизації робочих процесів на продуктивність також аналізують Р. Мор (R. Mor) зі співавторами [10], підкреслюючи, що уніфікація операцій сприяє ефективному використанню ресурсів та підвищенню якості продукції. Ці результати підтверджують, що стандартизація є основою стабільного розвитку виробничих систем.

Таким чином, проаналізовані праці демонструють значний внесок у дослідження інтеграції стандартів і матеріалознавства. Виявлено, що взаємодія цих дисциплін сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів, водночас обґрунтовано необхідність подальшого вивчення їх гармонійного впровадження.

Незважаючи на прогрес у вивченні взаємозв'язків між стандартизацією та матеріалознавством, залишаються не досить дослідженими аспекти їх інтеграції у виробничі процеси. Вплив стандартів на довгострокову екологічність та стабільність виробництва вивчено фрагментарно, що обмежує розуміння їх ефективності на різних етапах життєвого циклу продукції. У матеріалознавстві існує брак досліджень, які оцінюють економічну доцільність впровадження таких інноваційних матеріалів, як наноматеріали та біоматеріали, у контексті реальних виробничих обмежень.

Визначення взаємозв'язку між стандартами та матеріалами не враховує специфіки галузей, що ускладнює розроблення універсальних підходів для оптимізації процесів. Проблеми впровадження стандартів у малому та середньому бізнесі, пов'язані з низьким рівнем автоматизації та адаптації до міжнародних вимог, залишаються нерозв'язаними. Окрім того, недостатньо уваги приділено питанням навчання персоналу та розробленню програм для підвищення кваліфікації у сфері сучасних стандартів і матеріалознавства.

Ці прогалини в наукових дослідженнях опосередковано впливають на розвиток промисловості, де спостерігається зниження конкурентоспроможності та уповільнення інтеграції в глобальні ринки. Запропоноване дослідження сприятиме розробленню нових моделей інтеграції стандартів і матеріалів, розширенню емпіричної бази та формуванню рекомендацій, які можуть забезпечити довгостроковий розвиток виробничих систем і підвищення їх ефективності.

Мета статті полягає у розробленні науково обґрунтованих підходів до інтеграції стандартів і матеріалознавчих рішень для підвищення продуктивності виробничих процесів, забезпечення їх якості, екологічної безпеки та відповідності сучасним вимогам ринку.

Завдання статті включають:

1) аналіз сучасного стану використання стандартів та інновацій у матеріалознавстві у виробничих процесах та їхнього впливу на якість і ефективність продукції;

2) визначення взаємозв'язку між стандартизацією та матеріалознавством для створення інтегрованого підходу до оптимізації виробничих процесів;

3) виявлення проблем інтеграції стандартів і матеріалознавчих рішень та розроблення рекомендацій для їх впровадження у виробничі процеси.

Виклад основного матеріалу. Стандартизація є основою сучасних виробничих процесів, сприяючи уніфікації технологічних операцій, підвищенню продуктивності та забезпеченню відповідності продукції вимогам ринку. Завдяки стандартам забезпечується стабільність якості, зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів, а також інтеграція підприємств у глобальні ланцюги постачання. Тенденції останніх років свідчать про посилення ролі міжнародних стандартів, зокрема ISO та інших спеціалізованих норм, які стали обов'язковими для виконання багатьма компаніями. Водночас розроблення національних стандартів адаптується до вимог Європейського Союзу, що актуально для України в контексті євроінтеграції (табл. 1).

Нині стандартизація відіграє не лише роль інструменту контролю, а й виступає драйвером інноваційного розвитку [1, с. 105]. Технологічні стандарти адаптуються до вимог четвертої промислової революції, інтегруючи автоматизацію та інформаційні системи у виробничі процеси. Екологічні стандарти, зокрема ISO 14001, стають важливими для зниження викидів і стиму-

лювання використання ресурсозберезувальних технологій, що є актуальним у світлі глобальної боротьби зі зміною клімату. Стандарти якості, як-от ISO 9001, постійно оновлюються для забезпечення стабільності виробництва та відповідності очікуванню споживачів.

В Україні процес гармонізації національних стандартів із міжнародними, зокрема ISO 45001 чи ISO 50001, відкриває можливості для інтеграції підприємств у глобальні ланцюги постачання, сприяє підвищенню конкурентоспроможності та стимулює адаптацію виробничих процесів до сучасних міжнародних вимог. Отже, стандартизація залишається ключовим чинником сталого розвитку та підвищення ефективності виробництва [4].

Інновації у матеріалознавстві відіграють вирішальну роль у сучасному виробництві, забезпечуючи розроблення нових матеріалів із поліпшеними властивостями. Вони створюються з урахуванням високих вимог до міцності, легкості, термостійкості, корозійної стійкості та екологічності. Завдяки досягненням у матеріалознавстві відбувається оптимізація виробничих процесів через використання матеріалів із покращеними характеристиками, що знижує витрати ресурсів, мінімізує утворення відходів та сприяє

створенню продукції високої якості. Одним із ключових напрямів є розвиток композитів, наноматеріалів, біоматеріалів та інтелектуальних матеріалів, які адаптуються до умов експлуатації (табл. 2).

На практиці інноваційні матеріали знаходять широке застосування в багатьох галузях. Композити завдяки своїй легкості та міцності активно використовуються в транспортному секторі, даючи змогу зменшити вагу конструкцій і підвищити їх ефективність. Наноматеріали стали основою для створення високотехнологічної продукції, включаючи надтонкі плівки для електроніки та каталітичні матеріали для хімічної промисловості. Біоматеріали дедалі частіше застосовуються в медицині для створення імплантів, які адаптуються до організму людини, а також у виробництві екологічно чистої упаковки. Інтелектуальні матеріали, які можуть змінювати свої властивості залежно від зовнішніх умов, відкривають нові можливості для автоматизації та розвитку робототехнічних систем.

Стандартизація та матеріалознавство є двома ключовими компонентами оптимізації виробничих процесів, які мають взаємодоповнювальний характер. Стандартизація забезпечує уніфікацію вимог до технологічних процесів і матеріа-

Таблиця 1

Вплив сучасних стандартів на ефективність виробничих процесів та ключові тенденції їх упровадження

Категорія стандартів	Приклади впливу на процеси	Сучасні тенденції
Технологічні стандарти	Зниження витрат на виробництво, покращення стабільності	Упровадження цифрових стандартів, як-от Smart Manufacturing ISO
Екологічні стандарти	Скорочення шкідливих викидів, оптимізація утилізації відходів	Активне прийняття стандартів ISO 14001, Упровадження «зелених» технологій
Стандарти якості продукції	Зростання довіри споживачів, мінімізація браку	Підвищення вимог до сертифікації, застосування ISO 9001
Міжнародні стандарти безпеки	Захист працівників і виробничих процесів	Зростання популярності ISO 45001 та стандартів для автоматизації безпеки
Стандарти енергоменеджменту	Зниження енергоспоживання, підвищення енергоефективності	Упровадження ISO 50001 для оптимізації використання енергоресурсів

Джерело: сформовано авторами на підставі [3; 9; 10]

Таблиця 2

Основні типи інноваційних матеріалів, їхні характеристики та сфери застосування

Тип матеріалів	Основні характеристики	Приклади застосування
Композити	Висока міцність, легкість, корозійна стійкість	Авіаційна та автомобільна промисловість, будівництво
Наноматеріали	Підвищені механічні, термічні та електричні властивості	Мікроелектроніка, медицина, енергетика
Біоматеріали	Біосумісність, екологічність	Медицина (імпланти), пакувальні матеріали
Інтелектуальні матеріали	Здатність змінювати властивості під впливом зовнішніх чинників	Системи датчиків, робототехніка, аерокосмічна галузь

Джерело: сформовано авторами на підставі [7; 8]

лів, створюючи єдиний підхід до їх оцінювання, контролю та застосування. Матеріалознавство, своєю чергою, сприяє розробленню матеріалів з оптимальними характеристиками, що відповідають сучасним стандартам якості та екологічності [5, с. 705] (табл. 3). У поєднанні ці дисципліни дають змогу підприємствам підвищувати продуктивність, зменшувати виробничі втрати, покращувати якість продукції та адаптуватися до швидкоплинних вимог ринку. Комплексний підхід включає упровадження інноваційних матеріалів у рамках стандартів, що дає змогу забезпечити системний підхід до управління виробництвом.

На практиці взаємозв'язок стандартизації та матеріалознавства проявляється в різних галузях. Наприклад, у літакобудуванні активно використовуються стандарти для сертифікації композитних матеріалів, що забезпечують високу міцність та легкість конструкцій. В автомобільній промисловості стандарти уніфікують оброблення металів, даючи змогу знизити час виробництва та підвищити якість кінцевих деталей. У сфері виробництва екологічних матеріалів, як-от біопластики, стандарти допомагають контролювати рівень їх біорозкладності та безпечність для навколишнього середовища. Окрім того, у мікроелектроніці стандарти для наноматеріалів забезпечують стабільність їхніх характеристик у серійному виробництві.

Згідно з даними Державної служби статистики України, у 2022 р. частка підприємств, що займалися інноваційною діяльністю, становила 12,6%. Серед них 9,4% запровадили технологічні інновації, тоді як 3,2% зосередилися на організаційних і маркетингових нововведеннях. Загальні витрати на інновації становили понад 62 млрд грн, з яких 40% спрямовано на придбання нових машин та обладнання, а 12% – на дослідження та розробки.

У контексті виробництва продукції з високою доданою вартістю інноваційна активність дала змогу підприємствам збільшити конкурентні

позиції на внутрішньому та зовнішньому ринках. Наприклад, у сфері машинобудування реалізація інноваційних проєктів сприяла підвищенню продуктивності на 18% порівняно з попередніми роками, а впровадження нових матеріалів у легкій промисловості дало змогу зменшити витрати на сировину на 10%.

Такі показники підтверджують, що гармонізація стандартів і модернізація виробничих потужностей є ключовими чинниками успішного розвитку підприємств [16].

Інтеграція стандартів і матеріалознавчих рішень у виробничі процеси є важливим чинником забезпечення ефективності та конкурентоспроможності сучасних підприємств [6]. Проте впровадження таких підходів супроводжується низкою проблем, які виникають через специфіку галузей промисловості, різницю в рівні технологічного розвитку та обмеження фінансових ресурсів. Основні труднощі стосуються невідповідності між вимогами сучасних стандартів і реальними можливостями підприємств, що часто є наслідком недостатньої модернізації обладнання та технологій. Брак інвестицій у дослідження й розроблення інноваційних матеріалів також стає перешкодою для адаптації підприємств до нових умов.

Особливості різних галузей промисловості також додають складнощів у процес стандартизації. Наприклад, у важкій промисловості інтеграція сучасних екологічних стандартів вимагає значних витрат на модернізацію виробничих потужностей, тоді як у високотехнологічних галузях, зокрема електроніці, ключовою проблемою є дотримання високих стандартів якості матеріалів. Окрім того, галузі з низьким рівнем автоматизації зіштовхуються з труднощами у впровадженні стандартів, орієнтованих на цифровізацію процесів. Низький рівень обізнаності про вимоги сучасних стандартів серед малого та середнього бізнесу також обмежує можли-

Таблиця 3

Роль стандартизації та матеріалознавства у створенні комплексного підходу до оптимізації виробничих процесів

Елемент взаємозв'язку	Роль стандартизації	Роль матеріалознавства
Вимоги до матеріалів	Забезпечення відповідності стандартам якості	Розроблення матеріалів із необхідними властивостями
Технологічні процеси	Уніфікація технологічних операцій	Оптимізація оброблення матеріалів
Екологічна відповідність	Дотримання екологічних стандартів	Розроблення екологічно безпечних матеріалів
Інновації	Розроблення стандартів для нових технологій	Створення нових матеріалів для цих технологій

Джерело: сформовано авторами на підставі [2; 5; 6]

вості впровадження матеріалознавчих рішень [10, с. 910–919].

У міжнародному контексті українські підприємства часто зіштовхуються з проблемою відповідності міжнародним стандартам, що пов'язано з недостатньою адаптацією національних норм до вимог глобального ринку. Це ускладнює участь підприємств у міжнародних ланцюгах постачання та обмежує їхню конкурентоспроможність. Такі обставини вимагають комплексного підходу до розв'язання виявлених проблем, включаючи активне впровадження програм технічної підтримки, модернізацію виробничих процесів, підвищення кваліфікації персоналу та адаптацію національних стандартів до міжнародних вимог.

Ефективне впровадження інтегрованих підходів, заснованих на стандартизації та досягненнях матеріалознавства, є ключовим чинником підвищення продуктивності та конкурентоспроможності виробничих підприємств. Для цього необхідно створити систему, яка враховує як технічні, так і організаційні аспекти адаптації інновацій. Передусім важливо забезпечити гармонізацію національних стандартів із міжнародними, що дасть змогу інтегрувати українські підприємства у світове виробництво та сприятиме залученню іноземних партнерів і підвищенню довіри до вітчизняної продукції на міжнародних ринках.

Особливу увагу слід приділити модернізації виробничих потужностей і впровадженню інноваційних технологій, які відповідають вимогам сучасних стандартів. Використання високотехнологічних матеріалів із заданими властивостями дає змогу оптимізувати виробничі процеси та скоротити витрати. Очікується, що застосування таких матеріалів може підвищити продуктивність на 15–20% і забезпечити економію ресурсів на рівні 10–12% завдяки ефективнішому використанню сировини та енергозбереженню.

Водночас важливим складником є створення системи підготовки персоналу, орієнтованої на підвищення рівня знань щодо вимог сучасних стандартів і особливостей застосування інноваційних матеріалів. Збільшення рівня професійної обізнаності працівників сприятиме оптимізації робочих процесів та забезпечить досягнення більш високих показників продуктивності.

Для забезпечення стабільного розвитку підприємств необхідно розробити довгострокові стратегії, які включають регулярний моніторинг ефективності впроваджених підходів та адаптацію до змін у ринкових умовах. Це дасть змогу підприємствам швидко реагувати на виклики та викорис-

товувати нові можливості для підвищення ефективності виробництва. Важливим аспектом також є розвиток партнерства між науковими установами, виробничими підприємствами та органами стандартизації, що сприятиме впровадженню інновацій і підвищенню якості продукції.

Інтеграція таких підходів дасть змогу досягти економічного зростання підприємств та підвищити їхню конкурентоспроможність на міжнародному рівні. За умови комплексного впровадження цих заходів можна прогнозувати зростання конкурентоспроможності продукції на міжнародних ринках на 20–25% протягом п'яти років, що сприятиме залученню нових партнерів та розширенню експортних можливостей українських підприємств.

Висновки. Установлено, що інтеграція стандартів і матеріалознавчих рішень є важливим чинником підвищення продуктивності виробничих процесів, сприяючи їх стабільності, екологічності та відповідності сучасним вимогам. Наукове дослідження підтвердило необхідність гармонізації міжнародних та національних стандартів для забезпечення інтеграції підприємств у глобальні виробничі ланцюги. Виявлено, що ключовими проблемами є недостатня модернізація технологічного обладнання, низький рівень інвестицій у розроблення нових матеріалів, складність запровадження екологічних стандартів у важкій промисловості та недостатня обізнаність про сучасні стандарти серед представників малого і середнього бізнесу.

Рекомендовано застосування інтегрованих підходів, що включають гармонізацію стандартів, модернізацію виробничих потужностей, розвиток освітніх програм для підвищення кваліфікації персоналу, а також розширення співпраці між науковими установами, підприємствами та органами стандартизації. Важливим напрямом є активне впровадження інноваційних матеріалів, як-от композити, наноматеріали та інтелектуальні матеріали, які відповідають сучасним вимогам ринку.

Перспективою подальших досліджень є розроблення ефективних моделей інтеграції стандартів у різних галузях промисловості, аналіз економічної доцільності впровадження інноваційних матеріалів, оцінювання довгострокового впливу гармонізації стандартів на конкурентоспроможність підприємств, а також вивчення нових способів оптимізації виробничих процесів у контексті швидкоплинних ринкових умов. Отримані результати можуть бути використані для створення стратегій сталого розвитку промислових підприємств у глобальному середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Азізов Б., Закревський С. Інноваційний розвиток технічних наук у світі. In: *The 11th International scientific and practical conference «Innovative development of science, technology and education»* (August 1–3, 2024). Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 101–107. URL: <https://if.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/08/d80c3fd6-db83-480b-b457-95bdab87db8a.pdf#page=101> (дата звернення: 14.12.2024).
2. Каленський А.А. Методологічні підходи до стандартизації змісту професійної освіти. *Науковий вісник Інституту професійно-технічної освіти НАПН України. Професійна педагогіка*. 2018. № 16. С. 27–33. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/714690/> (дата звернення: 14.12.2024).
3. Вербівська Л. Функціональне значення сертифікації, стандартизації та управління якістю продукції в сучасних бізнес-процесах. *Економіка та суспільство*. 2023. № 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-78> (дата звернення: 14.12.2024).
4. Головка М., Архирей М. Досягнення й актуальні завдання біоматеріалознавства як перспективної галузі біомедицинської інженерії в Україні. *Біомедицина інженерія і технологія*. 2023. Т. 9. С. 71–83. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-8974.2023.9.277569> (дата звернення: 14.12.2024).
5. Кваша Т., Коваленко О. Потенціал української науки у сфері матеріалознавства. *Scientific Collection «InterConf+»*. 2022. № 18(95). С. 700–706. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.01.2022.076> (дата звернення: 14.12.2024).
6. Павлиго Т.М. Значення стандартизації у інноваційних процесах. *Наукові нотатки*. 2021. № 72. С. 163–168. URL: https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/download/692/675 (дата звернення: 14.12.2024).
7. Himanen L., Geurts A., Foster A., et al. Data-driven materials science: Status, challenges, and perspectives. *Advanced Science*. 2019. Vol. 6. Issue 21. Article 1900808. DOI: <https://doi.org/10.1002/advs.201900808> (дата звернення: 14.12.2024).
8. Ashby M.F., Shercliff H., Cebon D. *Materials: Engineering, science, processing and design*. Butterworth-Heinemann. 2018. URL: https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=6nt8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=8.%09Ashby+M.F.,+Shercliff+H.,+Cebon+D.+Materials:+Engineering,+science,+processing+and+design.&ots=9oAsz4EN0x&sig=q8RzIIVzQ8OyYGYDYsyFWaoufUc&redir_esc=y#v=onepage&q=8.%09Ashby%20M.F.%2C%20Shercliff%20H.%2C%20Cebon%20D.%20Materials%3A%20Engineering%2C%20science%2C%20processing%20and%20design.&f=false (date of access: 14.12.2024).
9. Seifi M., Gorelik M., Waller J., et al. Progress Towards Metal Additive Manufacturing Standardization to Support Qualification and Certification. *JOM*. 2017. Vol. 69. P. 439–455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11837-017-2265-2> (date of access: 14.12.2024).
10. Mor R.S., Bhardwaj A., Singh S. Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2019. Vol. 30. Issue 6. P. 899–919. DOI: <https://doi.org/10.1108/jmtm-07-2017-0151> (date of access: 14.12.2024).
11. Smart Manufacturing Standards ISO. Smart Manufacturing Standards Map. ISO, 2024. URL: <https://www.iso.org/smart-manufacturing.html> (date of access: 14.12.2024).
12. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements with guidance for use. ISO, 2024. URL: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (date of access: 14.12.2024).
13. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. ISO, 2024. URL: <https://www.iso.org/standard/62085.html> (date of access: 14.12.2024).
14. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. ISO, 2024. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (date of access: 14.12.2024).
15. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. ISO, 2024. URL: <https://www.iso.org/standard/69426.html> (date of access: 14.12.2024).
16. Державна служба статистики України. Інноваційна діяльність підприємств. 2024. URL: [https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_INNOVATION_ENTERPRISE_ACTIVITY\(11.0.0\)](https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_INNOVATION_ENTERPRISE_ACTIVITY(11.0.0)) (дата звернення: 14.12.2024).

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF PRODUCTION PROCESSES THROUGH THE INTEGRATION OF STANDARDISATION AND MATERIALS SCIENCE DISCIPLINES

Yurii Fordzjyn

PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering, Technologies and Professional Education

Mukachevo State University, 26 Uzhhorodska str., Mukachevo, Transcarpathian region, Ukraine, 89600, k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6709-9525

Ruslan Rosul

PhD in Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering,
Technologies and Professional Education

Mukachevo State University, 26 Uzhhorodska str., Mukachevo, Transcarpathian region, Ukraine, 89600,
k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0009-0008-6855-4612

Yevhen Lyutyi

Doctor of Engineering, Professor at the Department of Engineering,
Technologies and Professional Education

Mukachevo State University, 26 Uzhhorodska str., Mukachevo, Transcarpathian region, Ukraine, 89600,
k_pd@mail.msu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-8349-5560

The purpose of the study is to develop scientifically based approaches to the integration of standards and material science solutions to increase the productivity of production processes and ensure their quality, environmental safety and compliance with modern market requirements. It has been established that standardisation is an important tool for unifying technological operations, optimising resource consumption and increasing the stability of production systems.

The research methodology included several stages. The first stage involved the analysis of scientific sources and regulatory acts, particularly national and international standards governing materials science and standardization processes. Information was selected based on the criteria of relevance, scientific significance, and alignment with the research objectives. The second stage focused on a comparative analysis of the implementation of standards in various industrial sectors to identify key trends and advantages. The evaluation of the effectiveness of applying material science solutions was based on statistical data, particularly from the State Statistics Service of Ukraine regarding the innovative activity of enterprises and investment volumes in production modernization. This allowed for the development of practical recommendations for integrating modern material science solutions into production processes to enhance their efficiency and compliance with international standards.

The results show that the integration of standards and material science solutions can increase productivity, reduce production losses and ensure high quality of final products. Key problems have been identified, such as insufficient modernisation of equipment, limited investment in the development of new materials, and the difficulty of implementing standards in industries with low levels of automation. It is recommended that national standards be harmonised with international ones, modern materials should be introduced, partnerships between enterprises and scientific institutions should be developed, and personnel training systems should be improved.

It is proved that a systematic approach to the interaction of standardisation and materials science creates conditions for the sustainable development of enterprises in the global environment. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the developed recommendations to increase the efficiency of production processes, improve product quality and ensure compliance with modern environmental standards. The results obtained can serve as a basis for creating strategies for the development of enterprises in a highly competitive market environment.

It is concluded that the integration of standards and material science solutions is a key factor in optimising production processes, increasing their competitiveness and ensuring sustainable development. This provides an opportunity to achieve a balance between the economic, environmental and social aspects of enterprises.

Prospects for further research include studying the economic feasibility of introducing innovative materials, developing new models for adapting standards to the specifics of individual industries, and analysing the long-term effects of harmonising standards at the international level. Particular attention should be paid to the integration of new materials into production processes and the assessment of their impact on the global competitiveness of enterprises.

Key words: standardisation, materials science, production processes, productivity, environmental safety, innovative materials, harmonisation of standards.

REFERENCES

1. Azizov, B., & Zakrevskiy, S. (2024). Innovatsiyni rozvytok tekhnichnykh nauk u sviti [Innovative development of technical sciences in the world]. In *Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference "Innovative Development of Science, Technology and Education"* (pp. 101–107). Vancouver, Canada: Perfect Publishing. Retrieved from <https://if.uu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/08/d80c3fd6-db83-480b-b457-95bdab87db8a.pdf#page=101> [in Ukrainian].
2. Kalenskyi, A.A. (2018). Metodolohichni pidkhody do standartyzatsii zmistu profesiinoi osvity [Methodological approaches to standardization of the content of professional education]. *Naukovyi Visnyk Instytutu Profesiino-Tekhnichnoi Osvity NAPN Ukrainy. Profesiina Pedahohika – Scientific Bulletin of the Institute*

of Vocational Education of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine. Vocational Pedagogy, 16, 27–33. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/714690/> [in Ukrainian].

3. Verbivska, L. (2023). Funktsionalne znachennia sertyfikatsii, standartyzatsii ta upravlinnia yakistiu produktsii v suchasnykh biznes-protsesakh [Functional significance of certification, standardization, and quality management of products in modern business processes]. *Ekonomika ta Suspilstvo – Economy and Society*, 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-78> [in Ukrainian].

4. Holovko, M., & Arkhirei, M. (2023). Dosiahnennia y aktualni zavdannia biomaterialoznavstva yak perspektyvnoi haluzi biomedychnoi inzhenerii v Ukraini [Achievements and current tasks of biomaterials science as a promising field of biomedical engineering in Ukraine]. *Biomedychna Inzheneriia i Tekhnolohiia – Biomedical Engineering and Technology*, 9, 71–83. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-8974.2023.9.277569> [in Ukrainian].

5. Kvasha, T., & Kovalenko, O. (2022). Potentsial ukrainskoi nauky u sferi materialoznavstva [The potential of Ukrainian science in the field of materials science]. *Scientific Collection «InterConf+»*, 18(95), 700–706. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.01.2022.076> [in Ukrainian].

6. Pavlyho, T.M. (2021). Znachennia standartyzatsii u innovatsiinykh protsesakh [The importance of standardization in innovative processes]. *Naukovi Notatky – Scientific Notes*, 72, 163–168. Retrieved from https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/download/692/675 [in Ukrainian].

7. Himanen, L., Geurts, A., Foster, A., et al. (2019). Data-driven materials science: Status, challenges, and perspectives. *Advanced Science*, 6(21), Article 1900808. DOI: <https://doi.org/10.1002/advs.201900808>.

8. Ashby, M.F., Shercliff, H., & Cebon, D. (2018). Materials: Engineering, science, processing and design.

Butterworth-Heinemann. Retrieved from <https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=6nt8DwAAQBAJ>.

9. Seifi, M., Gorelik, M., Waller, J., et al. (2017). Progress towards metal additive manufacturing standardization to support qualification and certification. *JOM*, 69, 439–455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11837-017-2265-2>.

10. Mor, R.S., Bhardwaj, A., & Singh, S. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. DOI: <https://doi.org/10.1108/jmtm-07-2017-0151>.

11. Smart Manufacturing Standards ISO (2024). Smart Manufacturing Standards Map. Retrieved from <https://www.iso.org/smart-manufacturing.html>. (date of access: 14.12.2024).

12. ISO 14001:2015 (2024). Environmental management systems – Requirements with guidance for use. ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/60857.html>. (date of access: 14.12.2024).

13. ISO 9001:2015 (2024). Quality management systems – Requirements. ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/62085.html>. (date of access: 14.12.2024).

14. ISO 45001:2018 (2024). Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/63787.html>. (date of access: 14.12.2024).

15. ISO 50001:2018 (2024). Energy management systems – Requirements with guidance for use. ISO. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/69426.html>. (date of access: 14.12.2024).

16. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine] (2024). Innovation Activity of Enterprises. Retrieved from [https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_INNOVATION_ENTERPRISE_ACTIVITY\(11.0.0\)](https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU:DF_INNOVATION_ENTERPRISE_ACTIVITY(11.0.0)). (date of access: 06.01.2025).

Стаття надійшла 13.06.2024



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>