

PACS numbers: 06.20.F-, 06.20.fb, 61.46.-w, 61.48.-c, 68.37.-d, 73.22.-f, 81.07.-b

## **Аналізування певних проблем стандартизації у сфері нанотехнологій**

І. О. Сахнюк, М. Х. Битков, Л. В. Кириленко, І. К. Федосєєва,  
Г. М. Тітова

*Технічний центр НАН України,  
вул. Покровська, 13,  
04070 Київ, Україна*

Проаналізовано актуальну інформацію про стадії життєвого циклу стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) щодо нанотехнологій. Викладено результати аналізування переліку нових стандартів ISO щодо нанотехнологій і сфери застосування їх, яких опубліковано у 2020–2024 рр. Проведено аналізу чинних національних нормативних документів України у сфері нанотехнологій. Результати аналізування для зручного ознайомлення й ефективного використання стандартів структуровано та систематизовано. Певну увагу зосереджено на обґрунтуванні гармонізації національних нормативних документів із новими стандартами ISO щодо термінології та визначення понять для полегшення комунікації в цій сфері. Розглянуто проблеми, які виникають на шляху прийняття міжнародних стандартів як національних нормативних документів. Обґрунтовано, що для єдиного розуміння та визначення ключових термінів стандартів серії ISO 80004 щодо нанотехнологій доцільно прийняти відповідні міжнародні стандарти в Україні методом перекладу. Розглянуто проблеми з організаційних питань щодо популяризації стандартизації, розроблення, перевірки та застосування нормативних документів у сфері нанотехнологій. З метою організації та виконання робіт із міжнародної, регіональної та національної стандартизації у сфері нанотехнологій запропоновано створення в Україні відповідного технічного комітету стандартизації. Надано обґрунтування щодо доцільності використання міжнародних і національних нормативних документів під час проведення певних робіт і наукових досліджень для розробки продукції, процесів і послуг у сфері нанотехнологій і в суміжних видах діяльності.

Up-to-date information on the stages of the life cycle of standards of the International Organization for Standardization (ISO) on nanotechnology is analysed. The results of the analysis of the list of new ISO standards on nanotechnologies and their scope, which were published in 2020–2024, are

presented. The analysis of the current national regulatory documents of Ukraine in the field of nanotechnology is carried out. The results of the analysis for convenient familiarization and effective use of standards are structured and systematized. Some attention is focused on justifying the harmonization of national regulations with the new ISO standards on terminology and definition of concepts to facilitate communication in this area. The problems, which arise on the way of adoption of international standards as national normative documents, are considered. As substantiated for a unified understanding and definition of the key terms of the ISO 80004 series of standards on nanotechnologies, it is advisable to adopt the relevant international standards in Ukraine by translation. The problems of organizational issues related to the popularization of standardization, development, verification, and application of regulatory documents in the field of nanotechnology are considered. In order to organize and carry out work on international, regional, and national standardizations in the field of nanotechnology, it is proposed to create an appropriate technical committee for standardization in Ukraine. The justification for the expediency of using international and national regulatory documents during certain works and scientific research for the development of products, processes and services in the field of nanotechnology and related activities is provided.

**Ключові слова:** міжнародний стандарт, національний стандарт, нанотехнології, перевірка нормативного документа, прийняття нормативного документа, термінологія, наноструктура, наноб'єкт, технічний комітет стандартизації.

**Key words:** international standard, national standard, nanotechnologies, regulatory document validation, regulatory document adoption, terminology, nanostructure, nanoobject, technical committee for standardization.

*(Отримано 26 лютого 2025 р.)*

## 1. ВСТУП

Зростання використання нанотехнологій практично впливає на всі аспекти життя та сприяє значному прогресу в розробленні нових матеріалів і технологій, заснованих на знаннях. Нанотехнологія об'єднує процеси та методи, які використовуються для дослідження, проектування та виробництва матеріалів, пристроїв і систем. Є потреба в забезпеченні дослідників, бізнесу та промисловості відповідними інструментами для допомоги в розробці та застосуванні нанотехнологій. Одним із таких інструментів є стандартизація. Стандартизація як інструмент передачі знань відіграє важливу роль у всіх сферах діяльності. Завдяки застосуванню стандартів можна зменшити ризики та витрати, поліпшити продуктивність, безпеку, демонструвати лідерство на ринку,

створити ринки для інноваційної продукції та послуг. Впровадження стандартів надає перевагу інноваційним технологіям у науці та презумпцію відповідності у виробництві, машинобудуванні, приладобудуванні, бізнесі тощо. Популяризацію результатів наукових досліджень із цих питань спрямовано на поінформованість зацікавлених суб'єктів господарювання та наукових спільнот про наявні міжнародні й європейські практики та стандарти, про методи адаптування та впровадження їх. Проте міжнародні й європейські практики не є чимось сталим. Вони періодично змінюються й оновлюються відповідно до вимог і потреб світового ринку.

## 2. ДОСЛІДЖЕННЯ Й ОДЕРЖАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Беручи до уваги сучасні моделі організації науки, міжнародне науково-технічне співробітництво, визначення можливостей і способів застосування міжнародного досвіду та стандартів, актуальною залишається гармонізація національної нормативної бази системи стандартизації України з міжнародною та регіональною — європейською. Відомо, що Міжнародна організація зі стандартизації (ISO—International Organization for Standardization, англ.) є розробником міжнародних стандартів. Європейський комітет з електротехнічної стандартизації (CENELEC—Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, фр.) та Європейський комітет зі стандартизації (CEN—Comité Européen de Normalisation, фр.) відповідають за європейську стандартизацію щодо запровадження європейських стандартів (євронорм, EN), розроблених на основі міжнародних стандартів ISO.

Незважаючи на широке використання стандартів, вони іноді можуть бути прихованими або незастосовними в силу різних причин. До таких причин можна віднести відсутність обізнаності щодо сфери застосування стандартів, їхньої чинності, відсутності редакції мовою користувача тощо.

На офіційному сайті ISO наведено перелік близько 132 опублікованих стандартів у сфері нанотехнологій і декілька десятків стандартів, що знаходяться на цей час на стадії розробки [1]. Увесь цей перелік стандартів із сферою їхнього застосування проаналізовано авторами; увагу зосереджено на міжнародних стандартах, опублікованих із 2020 р. по 2024 р. Загальна кількість таких стандартів становить близько 50 документів.

Для практичного використання пропонуємо ознайомитися із наступним систематизованим переліком (за перекладом авторів) декількох відповідних міжнародних стандартів.

IEC/TR 63258:2021 Nanotechnologies — A guideline for ellipsometry application to evaluate the thickness of nanoscale films

(Нанотехнології — Настанова щодо застосування еліпсометрії для оцінки товщини нанорозмірних плівок). Цей документ — це технічний звіт, який ґрунтується на практичному протоколі еліпсометрії для оцінки товщини нанорозмірних плівок. Він не містить жодних специфікацій еліпсометрів, але пропонує, як мінімізувати варіації даних, щоб поліпшити відтворюваність даних.

ISO 19337:2023 Nanotechnologies — Characteristics of working suspensions of nano-objects for *in vitro* assays to evaluate inherent nano-object toxicity (Нанотехнології — Характеристики робочих суспензій нанооб'єктів для аналіз *in vitro* для оцінки внутрішньої токсичності нанооб'єктів). Цей документ описує характеристики робочих суспензій нанооб'єктів, які слід враховувати під час проведення аналіз *in vitro* для оцінки внутрішньої токсичності нанооб'єктів. У документі визначаються методи вимірювання цих характеристик. Цей документ застосовується до нанооб'єктів, а також до їхніх агрегатів і агломератів у понад 100 нм. Цей документ має на меті допомогти з'ясувати, чи походять спостережувані токсичні ефекти від самих протестованих нанооб'єктів чи від неконтрольованих джерел.

ISO 19749:2021 Nanotechnologies — Measurements of particle size and shape distributions by scanning electron microscopy (Нанотехнології — Вимірювання розміру та розподілу форми частинок за допомогою сканівної електронної мікроскопії). У цьому документі визначено методи визначення розміру та розподілу форми наночастинок шляхом одержання й оцінки зображень сканівною електронною мікроскопією, а також шляхом одержання та повідомлення точних результатів.

ISO 80004-1:2023 Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core vocabulary (Нанотехнології — Словник — Частина 1: Основний словник). Цей документ визначає основні терміни у сфері нанотехнологій. Він призначений для полегшення комунікації між організаціями та приватними особами в промисловості та тими, хто з ними взаємодіє.

ISO/TR 23463:2022 Nanotechnologies — Characterization of carbon nanotube and carbon nanofibre aerosols to be used in inhalation toxicity tests (Нанотехнології — Характеризація аерозолів вуглецевих нанотрубок і вуглецевих нановолокон для використання в тестах на інгаляційну токсичність). У цьому документі розглядаються характеристики аерозолів CNT і CNF для досліджень інгаляційного впливу. Документ також містить корисну інформацію щодо відповідної характеристики CNT і CNF, яка необхідна для оцінки та розуміння інгаляційної токсичності аерозолів CNT і CNF.

ISO/TR 23652:2024 Nanotechnologies — Considerations for radioisotope labelling methods of nanomaterials for performance evalua-

tion (Нанотехнології — Розгляд методів радіоізотопного мічення наноматеріалів для оцінки продуктивності). Цей документ передбачає: огляд методів мічення радіоізотопами, які можуть бути використані для наноматеріалів; переваги та недоліки кожного методу мічення радіоізотопами; інформацію про вибір відповідної пари наноматеріалів і метод радіоізотопного мічення для забезпечення цілісності наноматеріалів, мічених радіоізотопами, *in vivo* або стабільності їхньої роботи.

ISO/TS 11308:2020 Nanotechnologies — Characterization of carbon nanotube samples using thermogravimetric analysis (Нанотехнології — Характеризація зразків вуглецевих нанотрубок за допомогою термогравіметричної аналізи). Цей документ містить рекомендації щодо характеристики зразків, що містять вуглецеві нанотрубки (CNT), за допомогою термогравіметричної аналізи (TGA), виконаної в інертному або окиснювальному середовищі. Надано вказівки щодо оцінки чистоти зразків CNT за допомогою кількісного міряння типів видів вуглецю, а також неуглецевих домішок (наприклад, частинок металевого каталізатора) у матеріалі. Крім того, ця методика забезпечує якісну оцінку термічної стабільності й однорідності зразка, що містить CNT.

ISO/TS 19590:2024 Nanotechnologies — Characterization of nano-objects using single particle inductively coupled plasma mass spectrometry (Нанотехнології — Характеризація нанооб'єктів за допомогою мас-спектрометрії однієї частинки індуктивно зв'язаною плазмою). Цей документ визначає параметри, умови та міркування для надійного виявлення, характеризації та кількісного визначення нанооб'єктів у водній суспензії за допомогою spICP-MS.

ISO/TS 19807-2:2021 Nanotechnologies — Magnetic nanomaterials — Part 2: Specification of characteristics and measurement methods for nanostructured magnetic beads for nucleic acid extraction (Нанотехнології — Магнетні наноматеріали — Частина 2: Специфікація характеристик і методів вимірювання наноструктурованих магнетних кульок для екстракції нуклеїнових кислот). Цей документ визначає характеристики магнетних кульок у формі суспензії та порошку для екстракції нуклеїнових кислот. У ньому йдеться про магнетні кульки, які містять значну кількість магнетних наночастинок (які можуть бути суперпарамагнетиками).

ISO/TS 19808:2020 Nanotechnologies — Carbon nanotube suspensions — Specification of characteristics and measurement methods (Нанотехнології — Суспензії вуглецевих нанотрубок — Специфікація характеристик та методів вимірювання). У документі вказано характеристики, які підлягають вимірюванню, суспензій, що містять багатостінні вуглецеві нанотрубки (суспензії

CNT). Він включає в себе основні та додаткові характеристики підвіски CNT, а також відповідні методи вимірювання.

ISO/TS 21237:2020 Nanotechnologies — Air filter media containing polymeric nanofibres — Specification of characteristics and measurement methods (Нанотехнології — Середовище повітряного фільтра, що містить полімерні нановолокна — Специфікація характеристик і методів вимірювання). Цей документ визначає характеристики, які необхідно вимірювати в середовищі повітряного фільтра, що містять полімерні нановолокна на поверхнях підкладинки. У ньому описано методи вимірювання для визначення індивідуальних характеристик.

ISO/TS 21356-1:2021 Nanotechnologies — Structural characterization of graphene — Part 1: Graphene from powders and dispersions (Нанотехнології — Структурна характеристика графену — Частина 1: Графен із порошків і дисперсій). Цей документ визначає послідовність методів характеристики структурних властивостей графену, двошарового графену та графенових нанопластин із порошків і рідких дисперсій із використанням ряду методів вимірювання, як правило, після виділення окремих пластівців на підкладинці.

ISO/TS 21357:2022 Nanotechnologies — Evaluation of the mean size of nano-objects in liquid dispersions by static multiple light scattering (SMLS) (Нанотехнології — Оцінка середнього розміру наноб'єктів у рідких дисперсіях методом статичного багаторазового розсіяння світла (SMLS)). Цей документ містить вказівки та вимоги до визначення середнього (сферичного) еквівалентного діаметра наноб'єктів (тобто частинок, крапель або бульбашок), диспергованих у рідині, за допомогою методу статичного множинного розсіяння світла (SMLS). Методика застосовна до широкого спектру матеріалів і не вимагає розведення концентрованих зразків.

ISO/TS 21412:2020 Nanotechnologies — Nano-object-assembled layers for electrochemical bio-sensing applications — Specification of characteristics and measurement methods (Нанотехнології — Шари, зібрані наноб'єктами для електрохімічних біосенсорних застосувань — Специфікація характеристик і методів вимірювання). Цей документ визначає характеристики шарів, зібраних наноб'єктами на електродах, які потрібно вимірювати за допомогою процесу розчинення, а також наноб'єктів, що складають шари для електрохімічних застосувань, таких як нанобіосенсор або діагностичні програми.

ISO/TS 21975:2020 Nanotechnologies — Polymeric nanocomposite films for food packaging with barrier properties — Specification of characteristics and measurement methods (Нанотехнології — Полімерні нанокompозитні плівки для пакування харчових

продуктів із бар'єрними властивостями — Специфікація характеристик і методів вимірювання). Цей документ визначає характеристики, включаючи бар'єрні властивості, для вимірювання полімерних нанокомпозитних плівок, що використовуються для вдосконалення пакування харчових продуктів. Бар'єрні властивості охоплюють пропускання газу (кисню), водяної пари та світлопрозорості UV-Vis. У цьому документі також описано відповідні методи вимірювання.

ISO/TS 22292:2021 Nanotechnologies — 3D image reconstruction of rod-supported nano-objects using transmission electron microscopy (Нанотехнології — Реконструкція 3D-зображень паличкоподібних нанооб'єктів за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії). Цей документ містить вказівки щодо підготовки зразків, одержання даних шляхом трансмісійної електронної мікроскопії, обробки даних і реконструкції тривимірних зображень для вимірювання параметрів розміру та форми нанооб'єктів на паличкоподібних опорах. Метод застосовний до зразків, дисперсно-розсіяних на електронно-прозорій паличкоподібній опорі або всередині неї.

ISO/TS 22298:2024 Nanotechnologies — Silica nanomaterials — Specification of characteristics and measurement methods for silica with ordered nanopore array (SONA) (Нанотехнології — Кремнеземні наноматеріали — Специфікація характеристик і методів вимірювання кремнезему з упорядкованим масивом нанопор (SONA)). Цей документ визначає характеристики зразків кремнезему з упорядкованою нанопористою матрицею (SONA) у вигляді порошку для вимірювання та промислово доступні методи вимірювання, що використовуються для визначення зазначених характеристик.

ISO/TS 23302:2021 Nanotechnologies — Requirements and recommendations for the identification of measurands that characterise nano-objects and materials that contain them (Нанотехнології — Вимоги та рекомендації щодо ідентифікації вимірюваних величин, що характеризують нанооб'єкти та матеріали, які їх містять). Цей документ визначає вимоги та рекомендації щодо ідентифікації вимірювань для характеристизації нанооб'єктів та їхніх агломератів і агрегатів, а також для оцінки специфічних властивостей, що мають відношення до продуктивності матеріалів, які їх містять. Він містить рекомендації щодо відповідних вимірювань.

ISO/TS 23362:2021 Nanotechnologies — Nanostructured porous alumina as catalyst support for vehicle exhaust emission control — Specification of characteristics and measurement methods (Нанотехнології — Наноструктурований пористий оксид Алюмінію як каталізатор підтримки для контролю викидів вихлопних газів

транспортних засобів — Специфікація характеристик та методів вимірювання). Цей документ визначає характеристики наноструктурованого пористого оксиду Алюмінію у формі порошку як каталітичну підтримку для контролю викидів вихлопних газів транспортних засобів і відповідні методи вимірювання. Він включає критичні характеристики, які необхідно вимірювати, та додаткові характеристики, які рекомендується вимірювати, виходячи з домовленості між зацікавленими сторонами. Рекомендуються методи вимірювання для кожної характеристики. Цей документ застосовується до наноструктурованого пористого оксиду Алюмінію для автомобілів із бензиновим двигуном.

ISO/TS 23366:2023 Nanotechnologies — Performance evaluation requirements for quantifying biomolecules using fluorescent nanoparticles in immunohistochemistry (Нанотехнології — Вимоги до оцінки продуктивності кількісного визначення біомолекул із використанням флюоресцентних наночастинок в імуногістохемії). Цей документ описує мінімальні вимоги до оцінки ефективності застосування флюоресцентних наночастинок у кількісній імуногістохемії.

ISO/TS 23690:2023 Nanotechnologies — Multiwall carbon nanotubes — Determination of carbon impurity content by thermogravimetric analysis (Нанотехнології — Багатостінні вуглецеві нанотрубки — Визначення вмісту вуглецевих домішок методом термогравіметричної аналізи). У документі визначено метод м'якого окиснення для визначення вмісту вуглецевих домішок (вміст вуглецевого матеріалу не у формі CNT, включаючи аморфний вуглець і незначну кількість інших типів структурованого вуглецю), що менш стабільні, ніж багатостінні вуглецеві нанотрубки (MWCNTs). Цей документ застосовується до характеристики вмісту домішок вуглецю в зразках MWCNTs, приготованих методом хемічного осадження з пари (CVD). Вимірювання домішок вуглецю в зразках MWCNTs, приготованих іншими методами, може посилатися на цей документ. Цей метод не застосовується до зразків MWCNTs або зразків MWCNTs з інкапсулярними видами.

ISO/TS 23878:2024 Nanotechnologies — Positron annihilation lifetime measurement for nanopore evaluation in materials (Нанотехнології — Вимірювання часу життя за позитронною анігіляцією для оцінки нанопор у матеріалах). Цей документ описує метод виконання вимірювань тривалості життя за позитронною анігіляцією з використанням джерела позитронів  $^{22}\text{Na}$ , яке розпадається з емісією позитронів ( $\beta^+$ -радіоактивність). Час життя  $\beta^+$  (позитрон) визначається на основі вимірювання часу життя ортопозитронію, який коливається в межах від 1 нм до 10 нм (що пояснюється розміром пор приблизно від 0,3 нм до 1,3 нм в діаметрі), як це спостерігається для полімерних матеріалів, у яких

позитроній в основному анігілює за допомогою процесу розпаду у два гамма-кванти. Цей документ не поширюється на тонкі поверхневі шари (які менше декількох мікрометрів).

ISO/TS 24672:2023 Nanotechnologies — Guidance on the measurement of nanoparticle number concentration (Нанотехнології — Настанова щодо вимірювання концентрації числа наночастинок). Цей документ містить огляд методів, що використовуються для визначення концентрації числа наночастинок у рідких дисперсіях та аерозолях. Описано методи ансамблевих вимірювань диференціальної відцентрової седиментації (DCS), багатокутового динамічного розсіяння світла (MDLS), малокутового розсіяння Рентгенових променів (SAXS) та ультрафіолетово-видимої спектроскопії (UV-vis), а також методи підрахунку частинок в аналізаторі відстеження частинок (РТА), резистивному імпульсному зондуванні (RPS), мас-спектрометрії одиночних частинок індуктивно зв'язаних плазмою (spICP-MS), лічильником конденсованих частинок (CPC) і системою аналізатора диференціальної рухливості (DMAS). Цей документ містить інформацію про використання кожної методики, а також щодо підготовки зразків, переваги й обмеження.

Придбати стандарти ISO можна безпосередньо в Інтернет-магазині на офіційному сайті ISO або звернутися до національного органу зі стандартизації користувача. Повний перелік цих органів можна знайти на сайті [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html).

Інтереси України в Міжнародній організації зі стандартизації (ISO) представляє Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), який виконує функції національного органу стандартизації України. ДП «УкрНДНЦ» є органом-супутником Європейського комітету стандартизації (CEN) та Європейського комітету стандартизації в електротехніці (CENELEC). Детальний опис діяльності ДП «УкрНДНЦ» розміщено на офіційному сайті [uas.org.ua](http://uas.org.ua).

Беручи до уваги те, що стандарти містять у собі способи та методи вирішення найбільш актуальних проблем, сучасні наукові дослідження щодо нанотехнологій мають бути забезпечені комплексом взаємопов'язаних стандартів. Нині в Україні у сфері нанотехнологій прийнято як національні нормативні документи 28 європейських нормативних документів CEN–CENELEC методом підтвердження (мовою оригіналу) з наданням чинності із 31 грудня 2023 р. [2]. Для практичного використання пропонуємо ознайомитися із систематизованим переліком чинних національних нормативних документів:

ДСТУ CEN ISO/TR 11811:2022 (CEN ISO/TR 11811:2012, IDT; ISO/TR 11811:2012, IDT) Нанотехнології. Настанови щодо мето-

дів нано- та мікротрибологічних вимірювань;

ДСТУ CEN ISO/TR 18401:2022 (CEN ISO/TR 18401:2020, IDT; ISO/TR 18401:2017, IDT) Нанотехнології. Зрозуміле пояснення вибраних термінів серії ISO/IEC 80004;

ДСТУ CEN ISO/TS 13830:2022 (CEN ISO/TS 13830:2013, IDT; ISO/TS 13830:2013, IDT) Нанотехнології. Настанови щодо добровільного маркування споживчих товарів, що містять наноб'єкти;

ДСТУ CEN ISO/TS 19590:2022 (CEN ISO/TS 19590:2019, IDT; ISO/TS 19590:2017, IDT) Нанотехнології. Розподіл за розміром і концентрація неорганічних наночастинок у водному середовищі за допомогою мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою;

ДСТУ CEN ISO/TS 19807-1:2022 (CEN ISO/TS 19807-1:2022, IDT; ISO/TS 19807-1:2019, IDT) Нанотехнології. Магнітні наноматеріали. Частина 1. Специфікація характеристик і вимірювань для магнітних наносуспензій;

ДСТУ CEN ISO/TS 21356-1:2022 (CEN ISO/TS 21356-1:2022, IDT; ISO/TS 21356-1:2021, IDT) Нанотехнології. Структурна характеристика графену. Частина 1. Графен із порошків і дисперсій;

ДСТУ CEN ISO/TS 21362:2022 (CEN ISO/TS 21362:2021, IDT; ISO/TS 21362:2018, IDT) Нанотехнології. Аналізування наноб'єктів з використанням фракціонування асиметричного потоку та відцентрового потоку поля;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-1:2022 (CEN ISO/TS 80004-1:2015, IDT; ISO/TS 80004-1:2015, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 1. Основні терміни;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-2:2022 (CEN ISO/TS 80004-2:2017, IDT; ISO/TS 80004-2:2015, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 2. Наноб'єкти;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-3:2022 (CEN ISO/TS 80004-3:2020, IDT; ISO/TS 80004-3:2020, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 3. Вуглецеві наноб'єкти;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-4:2022 (CEN ISO/TS 80004-4:2014, IDT; ISO/TS 80004-4:2011, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 4. Наноструктуровані матеріали;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-6:2022 (CEN ISO/TS 80004-6:2021, IDT; ISO/TS 80004-6:2021, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 6. Характеристика наноб'єктів;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-8:2022 (CEN ISO/TS 80004-8:2020, IDT; ISO/TS 80004-8:2020, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 8. Нановиробничі процеси;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-11:2022 (CEN ISO/TS 80004-11:2020, IDT; ISO/TS 80004-11:2017, IDT) Нанотехнології. Словник термінів. Частина 11. Наношар, нанопокриття, наноплівка та пов'язані терміни;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-12:2022 (CEN ISO/TS 80004-12:2017, IDT; ISO/TS 80004-12:2016, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 12. Квантові явища в нанотехнологіях;

ДСТУ CEN ISO/TS 80004-13:2022 (CEN ISO/TS 80004-13:2020, IDT; ISO/TS 80004-13:2017, IDT) Нанотехнології. Словник. Частина 13. Графен і споріднені двовимірні (2D) матеріали;

ДСТУ CEN/TS 16937:2022 (CEN/TS 16937:2016, IDT) Нанотехнології. Посібник для відповідального розвитку нанотехнологій;

ДСТУ CEN/TS 17010:2022 (CEN/TS 17010:2016, IDT) Нанотехнології. Настанови щодо вимірюваних величин для характеристики наноб'єктів і матеріалів, які їх містять;

ДСТУ CEN/TS 17273:2022 (CEN/TS 17273:2018, IDT) Нанотехнології. Настанови виявлення та ідентифікації наноб'єктів у складних матрицях;

ДСТУ CEN/TS 17274:2022 (CEN/TS 17274:2018, IDT) Нанотехнології. Рекомендації щодо визначення протоколів вибухонебезпечності та займистості порошків, що містять наноб'єкти (для транспортування, оброблення та зберігання);

ДСТУ CEN/TS 17275:2022 (CEN/TS 17275:2018, IDT) Нанотехнології. Настанови з управління та утилізації відходів від виробництва та оброблення виготовлених наноб'єктів;

ДСТУ CEN/TS 17276:2022 (CEN/TS 17276:2018, IDT) Нанотехнології. Рекомендації щодо оцінювання життєвого циклу. Застосування EN ISO 14044:2006 до виготовлених наноматеріалів;

ДСТУ CEN/TS 17629:2022 (CEN/TS 17629:2021, IDT) Нанотехнології. Нано- та мікромасштабне випробування на подрапування;

ДСТУ EN ISO 10801:2022 (EN ISO 10801:2010, IDT; ISO 10801:2010, IDT) Нанотехнології. Генерація металевих наночастинок для тестування інгаляційної токсичності методом випарування/конденсації;

ДСТУ EN ISO 10808:2022 (EN ISO 10808:2010, IDT; ISO 10808:2010, IDT) Нанотехнології. Характеристика наночастинок у камерах інгаляційного впливу для тестування на інгаляційну токсичність;

ДСТУ EN ISO 17200:2022 (EN ISO 17200:2020, IDT; ISO 17200:2020, IDT) Нанотехнології. Наночастинки у формі порошку. Характеристики та вимірювання;

ДСТУ EN ISO 21363:2022 (EN ISO 21363:2022, IDT; ISO 21363:2020, IDT) Нанотехнології. Вимірювання розподілу частинок за розміром і формою за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії;

ДСТУ EN ISO 29701:2022 (EN ISO 29701:2010, IDT; ISO 29701:2010, IDT) Нанотехнології. Тест на ендотоксин на зразках наноматеріалів для систем *in vitro*. Тест на лізат амебоцитів

Limulus (LAL).

Зауважимо, що правові й організаційні засади стандартизації в Україні встановлює Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII. Відповідно до цього Закону, державна політика у сфері стандартизації базується на збалансованому застосуванні визначених принципів, зокрема на добровільному застосуванні національних стандартів, якщо інше не передбачено нормативно-правовими актами.

Міжнародні та регіональні стандарти, яких не прийнято в Україні як національні, можуть бути узяті розробником до відома під час проведення певних робіт і наукових досліджень для розробки продукції, процесів і послуг у сфері нанотехнологій і в суміжних видах діяльності. Проте, якщо замовником встановлено вимоги щодо застосування міжнародних або регіональних стандартів у відповідному документі, наприклад, технічному завданні на виконання робіт або на розробку нової (модернізованої) продукції, то ці вимоги мають бути виконані.

Нині забезпечення обізнаності наукової спільноти та зацікавлених суб'єктів господарювання щодо рівня технічних можливостей стосовно продукції, процесів і послуг у сфері нанотехнологій ґрунтується на досягненнях науки, техніки та практичного досвіду. У цьому разі важливе значення має гармонізація відповідної термінології та визначення понять задля сприйняття їхнього однакового розуміння та послідовного використання. Актуальні зміни щодо стандартизації термінології у сфері нанотехнологій докладно описано раніше [3].

Зауважимо, що відповідно до прийнятих практик кожні п'ять років чинні стандарти підлягають перевірці. Перевіряння нормативного документа провадять з метою встановлення необхідності його подальшого застосування, перегляду чи скасування.

Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) перевіряє міжнародні нормативні документи та приймає відносно них певні рішення. На офіційному веб-сайті ISO викладено інформацію про те, що у 2023 р. опубліковано новий міжнародний стандарт ISO 80004-1:2023 Nanotechnologies — Vocabulary Part 1: Core vocabulary (Нанотехнології — Словник. Частина 1: Основний словник) за міжнародною класифікацією стандартів (ICS): 07.120 [4]. Міжнародний стандарт ISO 80004-1:2023 було підготовлено спільно з Технічним комітетом ISO/TC 229 — Nanotechnologies (Нанотехнології) та Технічним комітетом IEC/TC 113 — Nanotechnology standardization for electrical and electronic products and systems (Стандартизація нанотехнологій для електричних та електронних виробів і систем), а також у співпраці з Технічним комітетом CEN/TC 352 — Nanotechnologies (Нанотехнології) Європейського комітету стандартизації CEN.

Міжнародний стандарт ISO 80004-1:2023 визначає основні терміни у сфері нанотехнологій і призначений для полегшення спілкування між організаціями й окремими особами та тими, хто з ними взаємодіє. Видання цього міжнародного стандарту скасовує та замінює міжнародні стандарти ISO/TS 80004-1:2015, ISO/TS 80004-2:2015, ISO/TS 80004-4:2011 та ISO/TS 80004-11:2017, яких було технічно переглянуто.

У стандарті ISO 80004-1:2023 розглянуто п'ять категорій наноструктурних матеріалів: наноструктурний порошок, нанокмпозит, тверда нанопіна, нанопористий матеріал, рідинна нанодисперсія. Для деяких із цих п'ятьох категорій також визначено ряд термінів підкатегорій. Терміни покриття, шар, плівка та інші споріднені терміни можна згрупувати, розрізняючи покриття, шари та плівки, що мають товщину в нанорозмірі (тобто зовнішній розмір у нанорозмірі), та ті, що мають внутрішню структуру в нанорозмірі (наприклад, наноструктуровані покриття, нанокмпозитні покриття, дисперсні покриття з дисперсними нанооб'єктами). Відповідно до ієрархії, встановленої в цьому документі, що описує наноматеріали за двома категоріями «нанооб'єкти» та «наноструктурний матеріал», терміни «наношар», «нанопокриття» та «наноплівка» відносяться до «нанооб'єктів», а терміни «наноструктуровані шари, покриття та плівки» віднесено до наноструктурованого матеріалу. Нанооб'єкти (включаючи наношари, нанопокриття та наноплівки) можуть бути елементами або частинами більшого наноструктурованого матеріалу. Важливо зазначити, що вироби, виготовлені з використанням наноматеріалів, самі по собі не обов'язково є наноматеріалами.

Нині в каталозі нормативних документів України викладено ряд чинних національних нормативних документів у сфері нанотехнологій на терміни та визначення понять, яких прийнято з ідентичним ступенем відповідності зазначеним вище чотирьом міжнародним і гармонізованим європейським стандартам, що були скасовані у 2023 р., а саме: ДСТУ CEN ISO/TS 80004-1:2022, ДСТУ CEN ISO/TS 80004-2:2022, ДСТУ CEN ISO/TS 80004-4:2022, ДСТУ CEN ISO/TS 80004-11:2022.

Окремо зазначимо, що у 2024 р. на офіційному сайті ISO було опубліковано друге видання міжнародного стандарту ISO/TS 80004-13:2024 Nanotechnologies — Vocabulary — Part 13: Graphene and other two-dimensional (2D) materials (Нанотехнології — Словник — Частина 13: Графен та інші двовимірні (2D) матеріали). Цей документ визначає терміни для графену, пов'язаних із графеном двовимірних (2D) матеріалів та інших 2D-матеріалів. Міжнародний стандарт ISO/TS 80004-13:2024 містить відповідні терміни для методів виробництва, властивостей і характеристик та призначений для полегшення спілкування між організаціями

й окремими особами, які займаються дослідженнями, промисловістю, та з іншими зацікавленими сторонами й тими, хто з ними взаємодіє.

Міжнародний стандарт ISO/TS 80004-13:2024 скасовує та замінює перше видання ISO/TS 80004-13:2017, яке було технічно переглянуто. Отже, також потрібно взяти до уваги, що в каталозі нормативних документів України наведено чинний національний нормативний документ ДСТУ CEN ISO/TS 80004-13:2022 на терміни та визначення понять, що прийнятий з ідентичним ступенем відповідності стандарту ISO/TS 80004-13:2017, який був скасований у 2024 р.

Результати технічних переглядів міжнародних стандартів відповідними структурами Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) мають бути застосовані національним органом стандартизації. Проте, як показує практика, проведення робіт із національної стандартизації щодо розроблення, перевіряння, скасування та прийняття нових національних нормативних документів вимагає певного фінансування, терміну часу, присутності заінтересованих сторін тощо. Відповідні роботи з національної стандартизації організовує та координує національний орган стандартизації — ДП «УкрНДНЦ».

### 3. ОБГОВОРЕННЯ

Розроблення основних термінів у сфері нанотехнологій та їхніх визначень відбувається інтенсивними темпами. Цьому сприяли дискусії, які упродовж тривалого часу стосувалися наукового, нормативного та споживчого використання. У міру розширення знань термінологія має ефективно передавати не тільки метрики наноматеріалів, що ґрунтуються на розмірі та формі, але й аспекти, що ґрунтуються на властивостях навмисно створених наноб'єктів і наноструктурованих матеріалів, у їхніх визначеннях. Проте й нині деякі категорії та підкатегорії наноструктурних матеріалів не є вичерпними.

Для багатьох спільнот значення таких термінів, як нанорозмір, наноматеріал і нанотехнологія, впливають із застосування одиниці вимірювання SI. Однак у стандартах серії ISO 80004 такі терміни, як наноб'єкт і нанорозмір, використовують розмір і геометричні границі для вираження фундаментальних і вимірюваних аспектів наноматеріалів. У випадку терміна «нанорозмір» визнається, що діапазон довжини наноб'єктів може виходити за межі точних границь, зазвичай пов'язаних із поняттям масштабу, вказуючи, що верхня та нижня границі є приблизними.

Деякі терміни, яких визначено у стандарті ISO 80004-1:2023, також використовують в інших галузях. Проте, з огляду на спе-

діяльне застосування, ці галузі можуть мати дещо різні визначення цих термінів.

Зауважимо, що відповідно до правил стандартизації формою співробітництва заінтересованих юридичних і фізичних осіб із метою організації та виконання робіт із міжнародної, регіональної, національної стандартизації у визначених сферах діяльності та за закріпленими об'єктами стандартизації є технічні комітети стандартизації. На жаль, в Україні не створено технічний комітет стандартизації, дзеркальний міжнародному, сферу діяльності якого було б спрямовано на стандартизацію у сфері нанотехнологій. Специфічні завдання створеного технічного комітету мали б на меті спрямовувати свою діяльність у відповідності до робіт дзеркального міжнародного технічного комітету, впроваджувати міжнародні стандарти застандартизованими методами прийняття, розробляти та перевіряти національні стандарти тощо.

Згідно із Законом України «Про стандартизацію» до роботи в технічних комітетах стандартизації залучаються уповноважені представники органів виконавчої влади, інших державних органів, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та їхніх громадських об'єднань, організацій роботодавців та їхніх об'єднань, наукових установ і навчальних закладів, науково-технічних та інженерних товариств (спілок), громадських організацій споживачів (об'єднань споживачів), інших громадських об'єднань, професійних спілок, провідних науковців і фахівців. Членство в технічних комітетах стандартизації є добровільним. Організаційне забезпечення діяльності технічних комітетів стандартизації здійснюють їхні секретаріати. Функції секретаріату технічного комітету стандартизації покладаються національним органом стандартизації на організацію, що є юридичною особою (резидентом України) й офіційно заявить про намір виконувати функції секретаріату та підтвердить спроможність організаційно, технічно та фінансово забезпечити його діяльність. Організаційні засади створення технічного комітету стандартизації визначено національним стандартом «ДСТУ 1.14:2024 Національна стандартизація. Процедури створення, діяльності та припинення діяльності технічних комітетів стандартизації».

Принагідно зосередимо увагу на проблемах, що виникають під час застосування нормативних документів, прийнятих методом підтвердження або перевидання. Нагадаємо, що основними мовами опублікованих міжнародних нормативних документів є англійська та французька. Організування процесу прийняття міжнародних стандартів як національних методом підтвердження не є складним, тому що за такого методу ці стандарти застосовують мовою оригіналу. Прийняття ж міжнародних стандартів методом перевидання (передрук, переклад, перероблення) супроводжуєть-

ся певними складнощами.

На нашу думку, найбільш зручним методом для використання міжнародного стандарту як національного є метод перевидання (перекладу). Під час застосування методу перекладу виконують ідентичний переклад міжнародного нормативного документа. У цьому разі основна проблема полягає в забезпеченні високої якості перекладу нормативного документа й еквівалентності текстів стандартів. Відмінності між україномовним та англійським технічними текстами, неправильні чи то неточні переклади можуть сприяти неоднозначному використанню термінів. Також некоректні технічні переклади можуть викривити зміст нормативного документа. Декілька років тому з боку ДП «УкрНДНЦ» вивчалися можливості щодо системного впровадження програмного забезпечення Trados для перекладу текстів стандартів. Але ж на сьогодні проблема перекладу науково-технічної термінології в Україні є ще далекою від остаточного вирішення.

Для розв'язання проблеми з якісного професійного перекладу стандартів, на думку авторів, можна запропонувати кілька шляхів. По-перше, користуватися послугами щодо перекладання відповідно до вимог, викладених у національному стандарті «ДСТУ EN ISO 17100:2017 (EN ISO 17100:2015, IDT; ISO 17100:2015, IDT) Послуги щодо перекладання. Вимоги до послуг щодо перекладання». По-друге, шляхом підвищення рівня знання іноземних мов серед фахівців відповідних спеціальностей. По-третє, у разі створення та функціонування технічного комітету стандартизації України саме у сфері нанотехнологій вирішення цієї проблеми частково можливо було б здійснити відповідно до правил проведення робіт із національної стандартизації.

#### **4. ВИСНОВКИ**

1. Нині дослідження у сфері нанотехнологій мають бути забезпечені комплексом взаємопов'язаних гармонізованих стандартів. Науковій спільноті та зацікавленим суб'єктам господарювання необхідно подбати про те, щоб найновішу наукову інформацію щодо нанотехнологій було застандартизовано, щойно вона стане доступною. Викладено результати аналізування переліку нових стандартів ISO щодо нанотехнологій та сфери їхнього застосування в кількості 23 міжнародних нормативних документів, яких було опубліковано у 2020–2024 рр. Проведено аналізу усіх чинних національних нормативних документів України в кількості 28 нормативних документів у сфері нанотехнологій. Для зручного ознайомлення й ефективного використання цих стандартів результати аналізування структуровано та систематизовано.

2. До основних напрямів стандартизації у сфері нанотехнологій

можна віднести стандарти серії ISO 80004 на терміни та визначення понять. Ці стандарти сприяють комунікації та стають дедалі більш конкретними та точними завдяки впровадженню результатів наукових досліджень. У контексті стандартів серії ISO 80004 термінологія передбачає структуроване та концептуальне представлення лексики, що використовується в нанотехнологіях. Послідовність використання застандартизованого тлумачення термінів у сфері нанотехнологій виключить неправильне застосування їх, забезпечить спілкування та розуміння під час розробки продукції, процесів і послуг або комерціалізації одержаних результатів, а також унеможливить певні ризики. Між термінами у стандартах серії ISO 80004 є ієрархічний зв'язок. Основні зміни порівняно з попередніми виданнями міжнародних стандартів серії ISO 80004 такі:

- міжнародні стандарти ISO/TS 80004-1:2015, ISO/TS 80004-2:2015, ISO/TS 80004-4:2011 та ISO/TS 80004-11:2017 об'єднано в один документ ISO 80004-1:2023;
- переглянуто визначення терміну «наноструктура»;
- долучено термін і визначення «нанооб'єкти та їхні агрегати та агломерати (NOAA)»;
- друге видання міжнародного стандарту ISO/TS 80004-13:2024 скасовує та замінює перше видання ISO/TS 80004-13:2017, яке було технічно переглянуто.

Отже, термінологія у стандартах серії ISO 80004 має служити для полегшення спілкування стосовно нанотехнологій і практичного застосування з боку зацікавлених сторін у дослідженнях, виробництві, бізнесі, комерційних застосуваннях тощо.

3. Термінологічні бази даних для використання у стандартизації підтримуються та доступні на платформах онлайн-перегляду:

ISO — <http://www.iso.org/obp>;

IEC Electropedia — <http://www.electropedia.org>;

ДП «УкрНДНЦ» — <https://uas.gov.ua/natsionalnyi-fond-nd/kataloh-natsionalnykh-standartiv-ta-k>.

4. Зважаючи на те, що терміни у сфері нанотехнологій спрямовані, насамперед, на розвиток раціональної ієрархічної системи визначень та однакового тлумачення під час їхнього застосування, доцільно відповідні міжнародні стандарти прийняти в Україні методом перекладу.

## ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА—REFERENCES

1. *International Organization for Standardization, ISO*;  
[https://www.iso.org/search.html?PROD\\_isoorg\\_en%5Bquery%5D=Nanotechnologies&PROD\\_isoorg\\_en%5Bmenu%5D%5Bfacet%5D=standard](https://www.iso.org/search.html?PROD_isoorg_en%5Bquery%5D=Nanotechnologies&PROD_isoorg_en%5Bmenu%5D%5Bfacet%5D=standard)
2. *Каталог нормативних документів та кодексів усталеної практики*

[Catalog of regulatory documents and codes of good practice];  
<https://uas.gov.ua/natsionalnyi-fond-nd/kataloh-natsionalnykh-standartiv-ta-k>

3. І. О. Сахнюк, Н. П. Рудак, Л. В. Кириленко, Г. М. Тітова, І. К. Федосєєва, *Міжнар. мол. наук.-техн. конф. «Молода наука — роботизація і нанотехнології сучасного машинобудування» (10–12 квітня 2024 р., Краматорськ–Вінниця–Тернопіль)*, с. 228–232; I. O. Sakhniuk, N. P. Rudak, L. V. Kyrylenko, H. M. Titova, and I. K. Fedoseieva, *Mizhnar. Mol. Nauk.-Tekhn. Konf. 'Moloda Nauka — Robotyzatsiia i Nanotekhnolohii Suchasnoho Mashynobuduvannia' (10–12 April, 2024, Kramatorsk–Vinnytsia–Ternopil)*, pp. 228–232;  
[http://www.ddma.edu.ua/docs/kafedry/tiup/konf/%D0%9C%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%94%D0%90\\_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%90\\_2024.pdf](http://www.ddma.edu.ua/docs/kafedry/tiup/konf/%D0%9C%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%94%D0%90_%D0%9D%D0%90%D0%A3%D0%9A%D0%90_2024.pdf)
4. *International Standard Published. ISO 80004-1:2023 Nanotechnologies — Vocabulary Part 1: Core Vocabulary*;  
<https://www.iso.org/standard/79525.html>
5. *International Standard Published. ISO/TS 80004-13:2024 Nanotechnologies — Vocabulary Part 13: Graphene and Other Two-Dimensional (2D) Materials*; <https://www.iso.org/standard/82855.html>

---

*Technical Centre, N.A.S. of Ukraine,  
13, Pokrovska Str.,  
UA-04070 Kyiv, Ukraine*