

УДК 621.762

Малишев В., доктор техн. наук, професор, завідувач кафедрою хімії та новітніх хімічних технологій,
 Кущевська Н., доктор техн. наук., професор, завідувач кафедрою сучасних нанотехнологій та наноматеріалів,
 Гладка Т., кандидат техн. наук, доцент кафедри хімії та новітніх хімічних технологій,
 Заблоцька О., старший викладач кафедри хімії та новітніх хімічних технологій, Університету «Україна» (м. Київ)

СТАНДАРТИЗАЦІЯ В ГАЛУЗІ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ТА НАНОМАТЕРІАЛІВ: НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ, ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНДАРТІВ, ТЕРМІНОЛОГІЯ

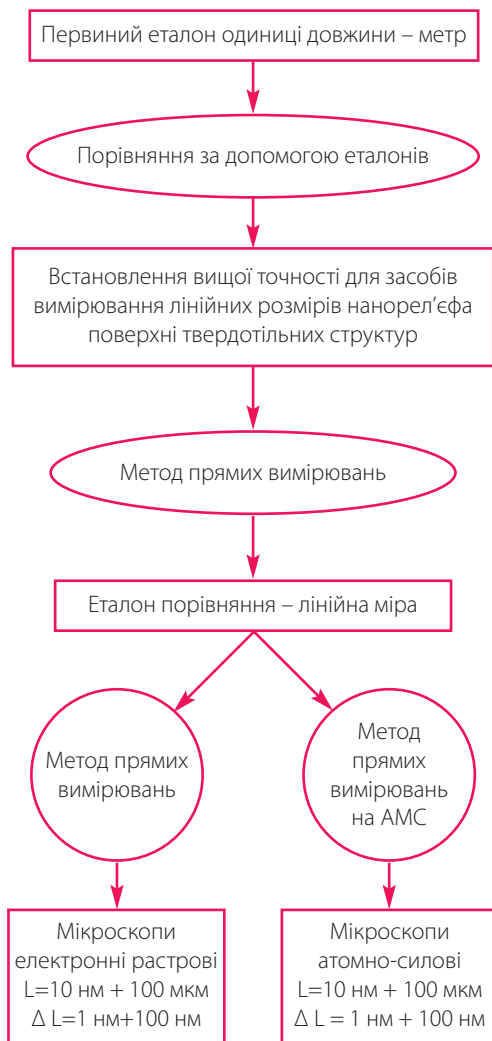


Рис.1. Схема передачі одиниць довжини в нанодіапазон



Рис.2. Ієрархія термінів, що відноситься до нанооб'єктів

Вступ. Початок ХХІ століття ознаменувався величезним інтересом до нанотехнологій. Більше п'ятдесяти розвинених країн оголосили про початок виконання цільових програм в області наноструктурних матеріалів і нанотехнологій. Ці програми направлені на подальший розвиток нової техніки, медицини, біології, екології та багатьох інших напрямів соціально-економічної діяльності суспільства [1-3]. Вже є певні досягнення у створенні технологічних процесів, виробництв і застосуванні виробів із наноматеріалів. Сьогодні областями застосування наноматеріалів, що приносять достатньо великий комерційний дохід, є хіміко-механічна поліровка, виробництво магнітних стрічок запису, автомобільних каталізаторів, електропровідних покриттів, оптичних волокон, сонцезахисних кремів, тощо [4-6].

У даний час світова спільнота живе в очікуванні чергового технологічного прориву, пов'язаного з розвитком і вивченням технології із вищим ступенем застосування перспективних наукових розробок. Основні надії, при цьому, пов'язані з нанотехнологією – це технологія, що оперує структурами із розмірами порядку нанометра. В даний час ця галузь потужно розвивається в трьох напрямках [7-9]:

- виготовлення електронних схем (у тому числі і об'ємних) з активними елементами, розміри яких у порівнянні з розмірами одиничних молекул або атомів;
- розробка і виготовлення наномашин, тобто механізмів та роботів розміром з молекулу;
- безпосередня маніпуляція атомами і молекулами та складання із них мікроконструкцій.

Значна увага приділяється проблемам інвестицій, прибутковості та ризику, економіки та її принципів, галузей та проектування бізнесу, розробки та здійснення проектів стосовно бізнесу в нанотехнологіях [10]. Також зрозуміло, що розвиток нанотехнологій неможливо здійснювати без вирішення питання підготовки відповідних кадрів. В [11-13] досліджено шляхи розвитку нанотехнології та підготовки сучасного інженера в світі реалізації принципів і завдань Болонського процесу, запропоновано програму курсу нанотехнологій для студентів інженерних спеціальностей, розглянуто використання нанотехнологій і наноматеріалів як один із визначальних чинників наукового, економічного і оборонного розвитку держав.

Напрями розвитку стандартизації нанотехнологій та наноматеріалів.

Особливістю нанотехнологій є використання об'єктів, специфічність яких полягає в їх наномасштабному розмірі. Знань про властивості таких тіл поки що недостатньо. Це обумовлює необхідність глибокого вивчення не лише явищ, пов'язаних із взаємодією таких об'єктів, з методами отримання з них нових наноматеріалів і виробів, але і їх впливом на навколишнє середовище, флору і фауну, здоров'я і безпеку людини. Паралельно з розвитком науки про наноматеріали і створенням нанотехнологій, розширенням їх використання почала розвиватися відповідна галузь стандартизації [14-16]. Першочерговим напрямом цієї галузі є нормування і гармонізація: термінології; всеоб'ємної наноструктури наноматеріалів; еталонних характеристик розроблених наноматеріалів; методів вимірювань розмірів наночасток і показників властивостей наноматеріалів; граничних показників токсичності наночасток; методик тестування опарної дії наночасток і наноматеріалів на навколишнє середовище і на людину.

Робота по стандартизації в області наноматеріалів і нанотехнологій ведеться спеціально створюваними групами, комітетами, інститутами, спеціалізованими організаціями. За останні роки було створено: комітет із нанотехнологій (SAC/TC 279) при Адміністрації по стандартизації Китаю; комітет із нанотехнологій (NTI/1) в Британському інституті стандартів (BSI) в Англії; група по стандартах для нанотехнологій (Nanotechnology Standarts Panel) в Американському національному інституті стандартів (ANSI); комітет E56 для розробки стандартів в області нанотехнологій в Американській міжнародній добровільній організації

Стандарти, які діють

| Країна, організація | Позначення стандарту | Найменування |
|-------------------------|----------------------------|--|
| Китай SAC/TC 279 | GB/T 19619-2004 | Terminology for nanomaterials |
| | GB/T 13221-2004 | Nanometer powder – Determination of particle size distribution – Small angle X-ray scattering method (ISO/TS13762) |
| | GB/T 19587-2004 | Determination of the specific surface area of solids by gas absorption using the BET method (ISO 9277: 1999) |
| | GB/T 19627-2005 | Particle size analysis – Photon correlation spectroscopy (ISO 13321:1996) |
| | GB/T 15445.2-2006 | Representation of results of particle size analysis – Part 2: Calculation of average particle sizes/diameters and moments from particle size distributions (ISO 9276-2:2001, IDT) |
| | GB/T 15445.4-2006 | Representation of results of particle size analysis – Part 2: Characterization of a classification process (ISO 9276-4:2001, IDT) |
| | GB/T 20307-2006 | General rules for nanometer-scale length measurement by SEM |
| | GB/T 20099-2006 | Sample preparation dispersing procedures for powders in liquids |
| | GB/T19588-2004 | Nano-nickel powder |
| | GB/T19589-2004 | Nano-zinc oxide |
| | GB/T19590-2004 | Nano-calcium carbonate |
| GB/T19591-2004 | Nano-titanium dioxide | |
| UK – PAS 71: 2005 | Vocabulary-Nanoparticles | |
| Велико-британія, BSI | PAS 71 | Vocabulary-Nanoparticles |
| | PAS 130 | Guidance on the labeling of manufactured nanoparticles and products containing manufactured nanoparticles |
| | PAS 131 | Terminology for medical, health and personal care applications of nanotechnologies |
| | PAS 132 | Terminology for bio-nanointerface |
| | PAS 133 | Terminology for nanoscale measurement and instrumentation |
| | PAS 134 | Terminology for carbon nanostructures |
| | PAS 135 | Terminology for nanofabrication |
| | PAS 136 | Terminology for nanostructured materials |
| | PD 6699-1 | Guide to specifying nanomaterials |
| | PD 6699-2 | Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials |
| США, ASTM | ASTM E2456-06 | Standard terminology relating to Nanotechnology |
| | ASTM E2490-09 | Standard Guide for Measurement of Particle Size Distribution of Nanomaterials in Suspension by Photon Correlation Spectroscopy(PCS) |
| | ASTM E254-08 | Standard Test Method for Analysis of Hemolytic Properties of Nanoparticles |
| | ASTM E2525-08 | Standard Test Method for Evaluation of the Effect of Nanoparticulate Materials on the Formation of Mouse Granulocyte-Macrophage Colonies |
| Росія, TK 441 | ГОСТ Р 8.635-2007 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Мікроскопи скануючі зондові атомно-силові. Методика калібрування |
| | ГОСТ Р 8.636-2007 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Мікроскопи електронні растрові. Методика калібрування |
| | ГОСТ Р 8.644-2008 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Заходи рельєфні нанометрового діапазону з трапецеїдальним профілем елементів. Методика калібрування |
| | ГОСТ Р 8.696-2010 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Міжплощинні відстані в кристалах і розподіл інтенсивностей в дифракційних картинах. Методика виконання вимірювань за допомогою електронного дифрактометра |
| | ГОСТ Р 8.697-2010 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Міжплощинні відстані в кристалах і розподіл інтенсивностей в дифракційних картинах. Методика виконання вимірювань за допомогою електронного просвічуючого мікроскопа |
| | ГОСТ Р 8.698-2010 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Розмірні параметри наночасток і тонких плівок. Методика виконання вимірювань за допомогою маловугільного рентгенівського дифрактометра |
| Росія, TK 441 | ГОСТ Р 8.700-2010 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Методика вимірювань ефективної висоти шорсткості поверхні за допомогою скануючого зондового атомно-силового мікроскопа |
| ISO, TC 229 | ISO/TC 27687:2008 | Nanotechnologies – Terminology and definitions for nano-objects – Naniparticle, nanofibre and nanoplate |
| | ISO/TR 12885:2008 | Nanotechnologies – health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies |
| | ISO/TC 80004-3:2010 | Nanotechnologies – Vocabulary-Part 3: Carbon nano-objects |
| | ISO/TR 11360:2010 | Nanotechnologies – Methodology for the classification and categorization of nanomaterials |
| | ISO/TS 10867:1010 | Nanotechnologies – Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy |
| | ISO 29701:2010 | Nanotechnologies – Endotoxin test on nanomaterial sample for vitro systems – Limulus amoebocyte lysate (LAL) test |
| СНГ* | ГОСТ 8.591-2009 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Заходи рельєфні нанометрового діапазону з трапецеїдальним профілем елементів. Методика перевірки |
| | ГОСТ 8.592-2009 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Заходи рельєфні нанометрового діапазону з монокристалічного кремнію. Вимоги до геометричних форм, лінійних розмірів і вибору матеріалу для виготовлення |
| | ГОСТ 8.593-2009 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Мікроскопи скануючі зондові атомно-силові вимірники. Методика перевірки |
| | ГОСТ 8.594-2009 | Державна система забезпечення єдності вимірювань. Мікроскопи електронні растрові вимірники. Методика перевірки |
| IEC, TC 113 | IEC 62624:2009(E) | Test methods for measurement of electrical properties of carbon nano-tubes (IEEE 1650:2005) |
| Україна, TK 54 | ДСТУ ISO/TS 27687 (проект) | Нанотехнології – термінологія та визначення для наноб'єктів. Наночастинка, нановолокно та нанопластика** |

*Міждержавні стандарти, розроблені ТК 441(Росія)

** У стадії затвердження

Терміни і визначення, що відносяться до нанотехнологій, із стандартів різних країн

| Термін | Країна, організація | Визначення терміну |
|------------------------|---------------------|--|
| Nanoscale (англ.) | ISO | size range from approximately 1 nm to 100 nm |
| | BSI | having one or more dimensions of the order of 100 or less |
| | ASTM | having one or more dimensions from approximately |
| Наношкала (рос.) | РФ(проект) | інтервал лінійних розмірів від 1 до 100 нм |
| Наношкала (укр.) | Україна (проект) | інтервал лінійних розмірів приблизно від 1 до 100нм |
| Nanoobject | ISO | materials with one, two or three external dimensions in the nanoscales |
| Нанооб'єкт (рос.) | РФ (проект) | матеріальний об'єкт (природний або створений засобами нанотехнологій), що має принаймні по одному з вимірювань лінійний розмір від 1 до 100нм |
| Нанооб'єкт | Україна (проект) | матеріальне тіло з одним, двома або трьома зовнішніми розмірами відповідно до наношкали |
| Nanoparticle (англ.) | ISO | nano-object with all three external dimensions in the nanoscale |
| | BSI | particle with one ore more dimensions at the nanoscale |
| | ASTM | a sub-classification of ultrafine particle with lengths in two of three dimensions greater than 0,001 micrometer (1 nanometer) and smaller than about 0,1 micrometer (100 nanometers) and which may or may not exhibit a size-related intensive property |
| Наночастка (рос.) | РФ (проект) | частинка, лінійні розміри якої по кожному із трьох вимірювань більше 1 і менше 100 нм |
| Наночастинка (укр.) | Україна (проект) | нанооб'єкт із трьома зовнішніми розмірами у наношкалі |
| Nanoplate | ISO | nano-object with one external dimension in the nanoscale and the two other external dimensions significantly larger |
| Нанопластинка (укр.) | Україна (проект) | нанооб'єкт із одним зовнішнім розміром у наношкалі та двома іншими зовнішніми значно більшими розмірами |
| Nanofibre (англ.) | ISO | nano-object with two similar external dimensions in the nanoscale and the third dimension significantly larger |
| | BSI | nanoparticle with two dimentions at the nanoscale and an aspect ratio of than 3:1 |
| Нановолокно (рос.) | РФ (проект) | нанооб'єкт, один із розмірів якого є макроскопічним |
| Нановолокно (укр.) | Україна (проект) | нанооб'єкт із двома подібними зовнішніми розмірами у наношкалі та третім значно більшим розміром |
| Nanowire (англ.) | ISO | electrically conducting or semi-conducting nanofibre |
| | BSI | counducting or semi-conducting nanofibre |
| Нанодріт (рос.) | РФ (проект) | нанооб'єкт, в якому реалізується розмірність локалізації 2 |
| Нанодріт (укр.) | Україна (проект) | електропровідне або напівпровідне нановолокно |
| Nanotube (англ.) | ISO | hollow nanofibre |
| | BSI | hollow nanofibre |
| Нанотрубка (рос.) | РФ(проект) | нанооб'єкт циліндрової форми, діаметр циліндра лежить в нанодіапазоні, а довжина може мати макроскопічний розмір |
| Нанотрубка (укр.) | Україна (проект) | порожнисте нановолокно |
| Nanorod (англ.) | ISO | solid nanofibre |
| | BSI | straight solid nanofibre |
| Нанострижень (укр.) | Україна (проект) | суцільне нановолокно |
| Quantum dot | ISO | crystalline nanoparticle that exhibits size-dependent properties due to quantum confinement effects on the electronic states |
| | BSI | nanoscale particle that exhibits size-dependent electronic and optical properties due to quantum confinement |
| Квантова крапка (рос.) | РФ (проект) | структура, у якій у всіх трьох напрямках розміри складають декілька міжатомних відстаней |
| Квантова крапка (укр.) | Україна (проект) | кристалічна наночастинка, що має розмірно-залежні властивості внаслідок ефектів квантової локалізації на електронних рівнях |

(ASTM); технічний комітет ISO/TC 229 «Нанотехнологій в Міжнародній організації по стандартизації (ISO)»; технічний комітет із нанотехнологій CEN/TC 352 «Нанотехнології в Європейському комітеті із стандартизації (CEN)»; підкомітет по нанотехнологіях IEC/TC 113 в Міжнародній електротехнічній комісії (IEC); міждержавний технічний комітет ТК 441 «Нанотехнології і наноматеріали» в Росії; робоча група «Нанотехнології РГ ТК 54» в Технічному комітеті стандартизації «Порошкова металургія» (ТК 54) в Україні.

Можливо припустити, що найбільш ефективний вплив на розвиток стандартизації в області наноматеріалів і нанотехнологій через своє положення надаватиме технічний комітет ISO/TC 229, який в своїй структурі має наступні робочі групи: РГ-1 – «Термінологія і номенклатура», РГ-2 – «Вимірювання і властивості», РГ-3 – «Аспекти здоров'я, безпеки і екології в області нанотехнологій», РГ-4 – «Специфікації матеріалів».

До теперішнього часу розроблено і опубліковано значну кількість стандартів по термінології, метрології нанооб'єктів і керівних нормативних документів по нанотехнологіях. Стандарти, що розробляються, мають різні рівні дії – корпоративні, галузеві, національні, регіональні, міжнародні. Грунтуючись на аналізі наявних інформаційних матеріалів [17-26], приводиться перелік вже існуючих нормативних документів по наноматеріалах і нанотехнологіях (табл.1).

В Україні питаннями стандартизації в області наноматеріалів і нанотехнологій займається РГ ТК 54, створена в 2010р. при ТК 54. Основним завданням цієї групи є гармонізація відповідних міждержавних і міжнародних стандартів.

Науково-дослідний центр по вивченню властивостей поверхні і вакууму (НЦПВ, Росія), що розробив 11 метрологічних стандартів (табл.1), затвердив їх в Міждержавній раді стандартизації, метрології і сертифікації СНД як міждержавні, і Україна, що є членом цієї ради, ввела їх в дію на своїй території.

Характеристика стандартів в області нанотехнологій і наноматеріалів. У зв'язку з цим приводимо коротку характеристику цих стандартів відповідно до [16, 27]. Для переходу від первинного еталону одиниці довжини (метра) до вимірювань в нанометровому діапазоні створена схема передачі одиниці довжини в нанодіапазон (рис.1). Ця передача здійснюється установкою вищої точності для засобів вимірювань лінійних розмірів нанорельєфа поверхні твердотільних структур. Еталонна установка призначена для вимірювання лінійних переміщень по одній, двом і трьом координатам та атестації мір і стандартних зразків, використовуваних для калібрування вимірювальних систем споживачів. Для цих цілей використовуються установки на базі растрових електронних мікроскопів (РЕМ) і атомно-силових мікроскопів (АСМ), переміщення по X-,Y- і

Z-координатам яких контролюються лазерними інтерферометрами. Для калібрування PEM і АСМ застосовуються тест-об'єкти – міри малої довжини, як такі, що використовуються періодичні, крокові і одиничні рельєфні структури на поверхні твердого тіла.

Російські національні стандарти і міждержавні стандарти (див. табл.1), номери яких вказано на рис.1, регламентують методи вимірювань і роботу відповідних об'єктів.

ГОСТ 8.592-2009 встановлює вимоги до характеристик рельєфної структури лінійної міри, яка повинна використовуватися для калібрування PEM і АСМ при зимруванні розмірів в діапазоні 1 нм, – 1 мкм. Рельєфом поверхні лінійної міри є сукупність одиничних елементів. Структуру виготовляють із монокристалічного кремнію методом анізотропного травління.

ГОСТ 8.591-2009 встановлює методику перевірки, а ГОСТ Р 8.644-2008 – методику калібрування структур із трапецеїдальним профілем елементів – рельєфних мір нанометрового діапазону. Для визначення метрологічних характеристик цих мір використовуються АСМ і два лазерні двухпроменеві інтерферометри, джерело випромінювання яких – гелій-неонові лазери. На АСМ сканують виступ рельєфної міри і отримують відеозображення. Основні метрологічні характеристики трапецеїдальних елементів рельєфу міри – висота виступу, ширина верхньої і нижньої підстави виступу, проекції бічної похилої стінки на площину нижньої підстави виступу. При цьому ширина верхньої підстави вимірюється прямим методом із використанням першої похідної сигналу АСМ.

ГОСТ 8.593-2009 і ГОСТ 8.594-2009 встановлюють методики перевірки АСМ і PEM, вживаних для вимірювань в діапазоні від 1 нм до 1 мкм, а ГОСТ Р 8.635-2007 і ГОСТ Р 8.636-2007 – методики калібрування для АСМ і PEM використовується рельєфна міра, виготовлена згідно ГОСТ 8.592-2009, перевірена по ГОСТ 8.591-2009 і відкалібрована по ГОСТ 8.644-2008. Для калібрування (АСМ або PEM) виконується сканування досліджуваного елемента рельєфної міри і записується відеозображення. Використовуючи геометричні характеристики виступу рельєфної міри, а також геометричні параметри сигналів АСМ і PEM при скануванні виступу визначають основні характеристики мікроскопів. При цьому для перевірки і калібрування використовуються методи прямого вимірювання параметрів елемента рельєфної міри.

Що стосується міжнародних стандартів, то РГ ТК 54 розробила проект гармонізованого попереднього стандарту ДСТУ/ISO/TS 27687, в якому розглядаються терміни і позначення лише деяких наанооб'єктів.

Стандартизація термінології в галузі нанотехнологій та наноматеріалів. Стандартизація термінології завжди є першочерговим завданням, оскільки вона направлена на вирішення проблематики спілкування і взаєморозуміння різних груп дослідників і виробників не лише усередині однієї окремо узятій країни, але і в рамках міждисциплінарного обміну інформацією між країнами. Гармонізація припускає позначення певного поняття на різних мовах термінами, які відображають однакові або подібні ознаки або мають одні і ті ж або декілька форми, що відрізняються. Гармонізація термінів можлива якщо тільки позначені ними поняття практично тотожні [16, 28-30]. Таким чином, гармонізація повинна ґрунтуватися перш за все на результатах ретельного аналізу термінів, вже використовуваних в діючих стандартах. У табл.2 приведено приклади деяких термінів та їх визначення із стандартів ISO/TS 27687, PAS 71, E 2456-06 і запропоновано відповідний варіант для проекту українського стандарту.

З приведених термінів видно, що визначення терміну 'наношкала' майже тотожні в різних стандартах, а визначення інших термінів хоча і несуперечливі, але декілька відрізняються. На наш погляд, найбільш адекватними являються визначення, приведені в попередньому стандарті ISO, тим більше, що в цьому стандарті зроблено спробу побудувати ієрархічні сходи термінів (рис.2), які значно полегшують складання формулювань визначень.

У 2010р. опубліковано ще один документ ISO/TS 80004-3:2010 'Nanotechnologies – Vocabulary – Part 3: Carbon nano-objects'. Він містить основні терміни і визначення, що стосуються вуглецевих наанооб'єктів. Принцип ієрархії покладено і в основу стандарту ISO/TS 80004-3: 2010.

На найближчі роки ISO планує розробку ще 35 стандартів, які охоплюватимуть термінологію, матеріали і методи дослідження.

Література:

1. Drexler E.K. Unbounding the future: The nanotechnology revolution. N.Y.Quill Books. 1993. 263p.
2. Regis E. and Chimsky M. Nano: The emerging science of nanotechnology. Little Brown and Co. 1996. 416p.
3. Фейнман Р. Внизу полным местом: приглашение в новый мир физики // Химия и жизнь. – 2002. – №12. С. 20-26.
4. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. М.: Машиностроение, 2003. 112с.
5. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы // Москва: Academia, 2005. – 187.
6. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. 431с.
7. Бучаченко А.Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века // Успехи химии. – 2003. – Т.72. – №5. С. 419-437.
8. Ю.Д. Третьяков, Е.А. Гудилин. Основные направления фундаментальных и ориентированных исследований в области наноматериалов // Успехи химии. – 2009. – Т.78, №9. – с. 867 – 869.
9. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего. М.: Эксмо, 2009. 256с.
10. Романенко Л., Малишев В., Романенко О., Сущенко А. Розпочинай власний бізнес в нанотехнологіях // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації – 2010. – №4. С 95 – 102.
11. Таланчук П., Малишев В., Липова Л. Освіта XXI століття. Самовизначення особистості в контексті інтеграції України до Європейського інтелектуального простору // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації – 2009. – №3 – С. 206-213.
12. Малишев В.В., Лукашенко Т.Ф., Липова Л.А. Підготовка сучасного інженера // Освіта регіону. Політологія, психологія, комунікації. – 2011. – №5. – С.52 – 58.
13. Малишев В.В. Нанотехнологія та підготовка сучасного інженера в світлі реалізації принципів і завдань Болонського процесу // Вісник Університету України. Серія: Сучасні інженерні технології. – 2011. – №1. – С.10 – 15.
14. Балон Б.М., Колмаков А.Г., Алымов М.И., Кротов А.М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологи получения. Москва: Международный университет природы, общества и человека «Дубна». 2007. – 125 с.
15. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження / Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк та ін.: монографія. – К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 275с.
16. Павлыго Т.М., Сердюк Г.Г., Шевченко В.И. Стандартизация в области нанотехнологий и наноматериалов. // Наноструктурное материаловедение. – 2010. – №3. – с. 70-80.
17. International Standards Organization [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.iso.org/>.
18. International Electrotechnical Commission [Electronic resource] – Access mode: <http://www.iec.ch>.
19. European Committee for Standardization [Electronic Resource]. – Access mode: <http://www.cen.eu>.
20. ASTM International [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.astm.org>.
21. British Standards Institution [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.bsi-global.com>.
22. Deutsches institute fur Normung [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.din.de/>.
23. Standardization Administration of China [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.sac.gov.cn>
24. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gost.ru>.
25. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dssu.gov.ua>.
26. Открытый портал Standard.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://standard.ru>.
27. Российские стандарты для измерения линейных размеров в нанотехнологиях // Кузин А.Ю., Ляхов В.М., Новиков Ю.А. и др. / Наноиндустрия. – 2009 – №3. – с.30-35.
28. Національна академія наук України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nas.gov.ua>.
29. ДСТУ 3966-2000. Термінологія. Засади і правила розроблення стандартів на терміни та визначення понять. – К.: Держстандарт України, 2000. – 36с.
30. ДСТУ ISO 860-99. Термінологічна робота. Гармонізування понять і термінів. – К.: Держстандарт України, 2000. – 12с.