



ТЕРМИНОЛОГИЯ В НАНОТЕХНОЛОГИЯХ

Е.Тумов* / etitov@gost.ru

Необходимое условие развития нанотехнологий — установление единого технического языка для междисциплинарного общения и обмена информацией, обеспечения безопасности при производстве, обороте наноматериалов и потреблении инновационной продукции на их основе. Стандартизация — общепризнанный инструмент технического регулирования по упорядочению любой деятельности. Ее роль в создании регламентируемой системы понятий, характеристик, методов и средств, в оценке, контроле и испытаниях, охватывающих весь жизненный цикл нанопродукции (от научного поиска до применения и утилизации) трудно переоценить.

Приказом Росстандарта №4001 от 09.11.2009 г. технический комитет по стандартизации "Нанотехнологии" (ТК 441) был преобразован в аналог международных технических комитетов Международной организации по стандартизации (ИСО ТК) 229 "Нанотехнологии" и Международной электротехнической комиссии (МЭК ТК) 113 "Стандартизация нанотехнологий в области электротехнической, электронной продукции и систем", проводящих работы по международной стандартизации нанотехнологий. Секретариаты ИСО ТК 229 и МЭК ТК 113 ведут Британский и Немецкий институты стандартов, соответственно. В число членов этих ТК входит 29 стран, включая Россию, 10 стран являются наблюдателями.

С момента создания ТК 441 российская сторона активно участвует в работе ИСО и МЭК. Более 40 российских экспертов участвуют в заседаниях ИСО ТК 229 и МЭК ТК 113, в разработке и обсуждении проектов международных нормативных документов.

Этими организациями совместно со смежными прикладными ТК проводится скоординированная политика по стандартизации в области нанотехнологий. В первую очередь это относится к установлению единой терминологии, принципам классификации, метрологическому обеспечению, вопросам безопасности, связанным с разработкой, производством и оборотом наноматериалов и продукции на их основе.

Прошедшая в ноябре 2011 года в Йоханнесбурге (ЮАР) 13-я сессия ИСО ТК 229 "Нанотехнологии" ознаменовалась началом работ по стандартизации в данной области. Структурно комитет состоит из четырех тесно взаимодействующих рабочих групп (РГ), причем в экспертный состав первой и второй РГ входят представители МЭК ТК 113 (рис.1).

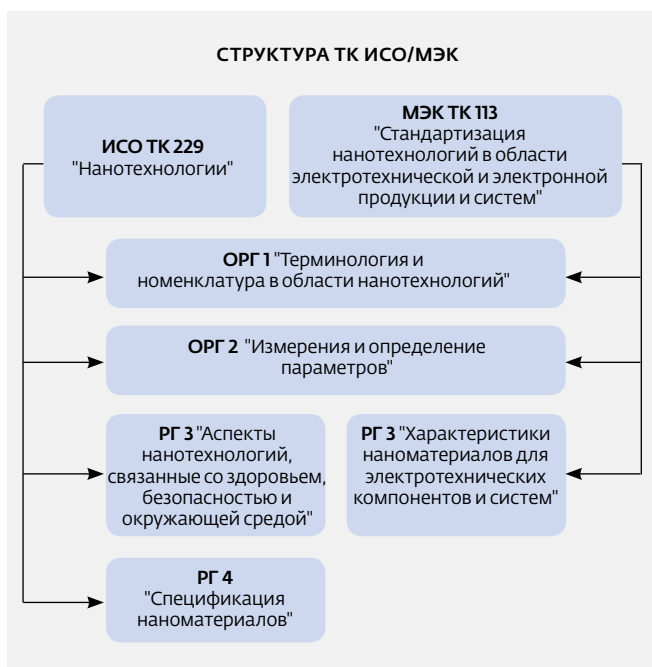


Рис.1. Структура ИСО ТК 229 и МЭК ТК 113 и их взаимосвязь

*ФГУП "ВНИИНМАШ" (Москва).



Установлением единой терминологии и общих принципов классификации нанотехнологий и нанопродукции занимается объединенная рабочая группа ИСО ТК 229 (ОРГ 1) и МЭК ТК 113. Разработка терминологии осуществляется поэтапно в виде взаимосвязанной словарей серии 80004. До 14-й сессии в г. Стреза (Италия, июнь 2012 г.) перечень разрабатываемых и принятых к разработке словарей включал 10 наименований. Предполагается, что со временем четвертая часть ИСО/МЭК 80004-4 "Наноструктурированные материалы" будет дополнена пятью подразделами. Ниже приведен перечень терминологических проектов ИСО ТК 229 (звездочкой отмечены опубликованные документы).

- ИСО/МЭК 80004-1:2010*. Ч.1. Основные термины.
- ИСО/МЭК 80004-2. Ч.2. Нанообъекты (пересмотр TS 27687:2008*).
- ИСО/МЭК 80004-3:2010*. Ч.3. Углеродные нанообъекты.
- ИСО 80004-4:2011*. Ч.4. Наноструктурированные материалы.
- ИСО 80004-4-1. Ч.4.1. Наноструктурированный порошок.
- ИСО 80004-4-2. Ч.4.2. Нанокompозиты.
- ИСО 80004-4-3. Ч.4.3. Твердая нанопена.
- ИСО 80004-4-4. Ч.4.4. Нанопористые материалы.
- ИСО 80004-4-5. Ч.4.5. Нанодисперсные жидкости.
- ИСО 80004-5:2011*. Ч.5. Нанобиоинтерфейс.
- ИСО/МЭК 80004-6. Ч.6. Измерения в нанодиапазоне.
- ИСО 80004-7:2011*. Ч.7. Нанотехнологии в здравоохранении.
- ИСО/МЭК 80004-8. Ч.8. Технологические процессы.
- ИСО/МЭК 80004-9. Ч.9. Электротехническая продукция и системы.
- ИСО/МЭК 80004-10. Ч.10. Компоненты и системы фотоники.

Деятельность ОРГ 1 направлена на установление общей терминологии и классификации в области нанотехнологий. Эксперты отмечают, что формированию системы нанотехнологических словарей и систематизации нанотехнологий будут способствовать нормативные документы ИСО/TR 12802:2010(E) "Нанотехнологии. Модель таксономического подхода, применяемая при разработке словарей. Основная концепция" и ИСО/TR 11360:2010(E) "Нанотехнологии. Методология классификации наноматериалов", в котором представлены алгоритмы классификации нанотехнологий в виде иерархической

структуры – "нанодерева" (оба документа подготовлены к утверждению Росстандартом в качестве рекомендаций по стандартизации).

Метрологическим обеспечением нанотехнологий занимается ОРГ 2. В ней на различных стадиях разработки находится 15 нормативных документов, устанавливающих измерение нанообъектов средствами современной микроскопии, спектрометрии и другими методами. В части метрологического обеспечения разработки, производства наноматериалов продолжается интенсивное создание стандартов на методы контроля и измерения физических характеристик нанообъектов в сочетании со средствами их визуализации.

РГ 3 ведает вопросами безопасности, включая экологические аспекты, охрану здоровья при профессиональной деятельности, безопасность потребителей нанопродукции. Проводимые в мире исследования влияния наночастиц на окружающую среду, здоровье персонала нанопроизводств и потребителей нанопродукции закрепляются в стандартах и положениях нормативных документов в виде рекомендаций, призванных обеспечить гарантированный уровень безопасности. Как правило, такие исследования осуществляются методами *in vitro* и *in vivo*. В частности, на 13-й сессии ИСО ТК 229 предложена дорожная карта по развитию терминологии нанотехнологий в области здравоохранения.

Очень важный момент в деятельности РГ 3 связан с подтверждением соответствия. В рамках группы образована сводная группа из 45 экспертов из разных стран для решения проблемы маркировки нанообъектов и содержащей их продукции. Данный проект вследствие его значимости для мирового сообщества передан из европейской организации по стандартизации СЕН ТК 352 "Нанотехнологии" в ИСО ТК 229, ставшего лидером этой разработки. На первом заседании рабочей группы экспертов 12.06.2012 на 14-й сессии в Италии вследствие принципиальных различий в подходе к маркировке нанообъектов и содержащей их продукции было принято решение о подготовке в рамках данного проекта двух документов.

Следует отметить, что проблемы маркировки нанообъектов и нанопродукции теснейшим образом связаны с вопросами становления и развития общей терминологии в области нанотехнологий.

При рассмотрении проекта стандарта по маркировке в редакции СЕН среди экспертов возникла полемика относительно прибавления префикса "нано" к наименованию продукции, отнесенной к этой сфере, поскольку в европейском проекте указывалось на необходимость именно такого формирования наименования любой продукции наноиндустрии.



Российские эксперты выразили несогласие с подобным подходом. В состоявшейся дискуссии их мнение поддержало большинство экспертов, и префикс "нано" был исключен из текста области применения, что явилось весьма важным и ответственным моментом в плане дальнейшего развития общей терминологии. По мнению российских экспертов, которое будет отстаиваться и в дальнейшей работе по данным проектам, префикс "нано" уместно добавлять в наименования:

- конкретных дисперсных нанообъектов (наночастиц, нановолокон, нанопластин) любых химических элементов и веществ и некоторых наноматериалов в твердой или жидкой фазе, например, наносеребро-нанопудра, состоящая из наночастиц серебра, наноглина, нанопесок;
- функционально законченной продукции лишь в тех случаях, если размер изделия хотя бы по одному измерению находится в нанодиапазоне, например, нанороботы будущего и их составные части. Любая "макро" нанопродукция должна называться своим исконным именем с указанием на этикетке достигнутого эффекта, степени безопасности и того, что она изготовлена с применением нанотехнологий с возможной ссылкой на конкретный квантовый эффект.

РГ 4 занимается стандартизацией характеристик веществ и материалов в нанодиапазоне, разработкой перспективных и актуальных перечней наноматериалов. Существенное внимание уделяется подбору стандартизуемых параметров нанообъектов различных веществ. Намечены определенные приоритеты очередности разработки стандартов для следующего ряда наноматериалов и нанообъектов, присутствующих, как правило, в виде порошка. Перечень таких материалов небольшой, поэтому его можно привести целиком:

- nanoцеллюлоза;
- фуллерен – C60;
- одностенные и многостенные углеродные нанотрубки (ОУНТ, МУНТ);
- серебро – Ag;
- железо – Fe;
- диоксид титана – TiO₂;
- оксид алюминия – Al₂O₃;
- оксид (диоксид) церия – CeO₂;
- оксид цинка – ZnO;
- диоксид кремния – SiO₂;
- дендримеры;
- наноглина;
- золото – Au.

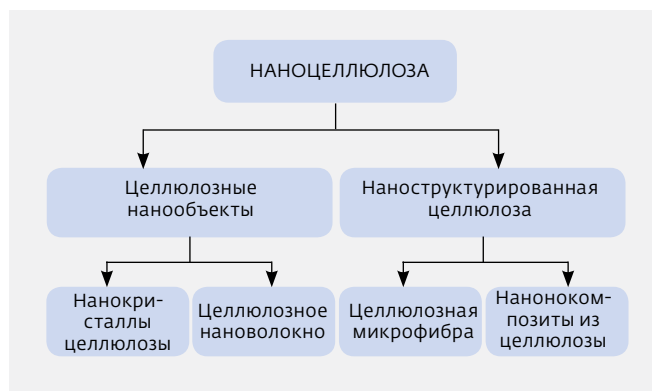


Рис.2. Структура работ по стандартизации nanoцеллюлозы

Видно, что на первом месте в перечне стоит nanoцеллюлоза, свойства которой наиболее востребованы на современном этапе коммерциализации продукции nanoиндустрии. Намечается целая программа работ по стандартизации ее различных модификаций, особенно кристаллических форм и экологически чисто разлагаемых пленок nanoцеллюлозы, которые должны заменить полиэтилен и другие, плохо или совсем не разлагаемые естественным путем материалы (рис.2).

Для понимания целесообразно рассмотреть комплексность и полноту намеченных к разработке в рамках ОРГ 1 словарей терминов по разным аспектам нанотехнологий. В настоящее время проводится создание комплекса словарей нанотехнологических терминов, систематизированных с позиций теории и практики их классификации. На различных этапах разработки находятся 10 словарей, а пять уже опубликованы в качестве международных стандартов.

Одна из особенностей продукции nanoиндустрии заключается в наличии уникальных свойств, обусловленных проявлением квантово-размерных и структурных эффектов в нанодиапазоне, существенным образом влияющих на свойства наноматериалов. Приобретенные благодаря этим эффектам свойства изучены слабо, особенно в части их воздействия на человека и экологию. Это неизбежно сказывается на применяемых методах и средствах исследований, стандартизации в целом.

Российской делегацией предложена тема, предусматривающая разработку стандарта, направленного на систематизацию и определение достигаемых в нанотехнологиях квантовых эффектов. Такой словарь будет способствовать становлению единого технического языка и послужит дополнительным критерием идентификации нанотехнологий, нанообъектов и продукции на их основе.



Эта идея, предварительно одобренная руководством ТК 441, долго вынашивалась еще до ее окончательной формулировки. После ее одобрения 05.04.2012 г. на заседании ТК 441 в секретариат ИСО была направлена заявка об открытии новой темы. Эта первая российская инициатива была рассмотрена на 14-м заседании ИСО ТК 229, где был предложен список более тридцати терминов с наименованиями квантовых эффектов, разбитых на три группы (рис.3). Новую тему, отмеченную в повестке пленарного заседания, единодушно поддержали все его участники.

Изначально предполагалось, что в проект документа будут включены наименования квантовых эффектов, непосредственно связанных с появлением той или иной технологии. Однако в контексте обсуждения проекта по маркировке нанопродукции в качестве меры предосторожности для борьбы с недобросовестными ее изготовителями выявилась необходимость иметь список эффектов, не связанных с нанотехнологиями. (Ранее уже было принято решение, что при маркировке нанопродукции следует указывать не только достигнутый качественный, но и квантовый эффект, за счет которого стало возможно ее изготовление.) Документы по маркировке находятся на ранних стадиях разработки. Вероятнее всего, нанобъекты как продукцию, будут маркировать с указанием квантовых эффектов, а эксплуатационно и функционально законченную нанопродукцию – с указанием достигнутого за счет применения нанотехнологий положительного эффекта.

Кроме российского были рассмотрены еще два новых проекта, из них была одобрена совместная заявка Великобритании и Германии (рис.4). На итоговом пленарном заседании сессии был представлен новый список словарей, принятых к разработке и содержащий 12 наименований (рис.4 приведен в оригинальной конфигурации, перевод с полным названием стандартов дан в таблице).

Для престижа страны это важный момент. В то же время, чтобы возглавить разработку этого весьма наукоемкого документа в системе нанотехнологических словарей, потребуются значительные усилия. К сожалению, в России отсутствует механизм финансирования подобных разработок, однако существует надежда, что эту проблему все же удастся решить, и может быть статья будет как-то способствовать этому решению.

Нанотехнологии требуют интеграции широкого круга научных, инженерных и технологических дисциплин, причем глобализация торговли неминуемо приводит к их распространению. В этих условиях крайне важна международная стандартизация, которая вовлекает в этот процесс интеллектуальный

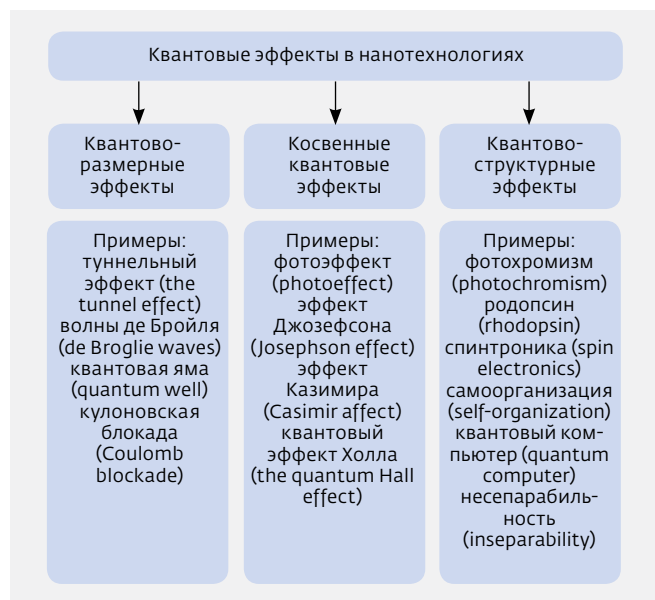


Рис.3. Классификация квантовых эффектов, применительно к нанотехнологиям

потенциал различных стран и формирует систему международных признанных требований, тем самым эффективно способствуя продвижению нанотехнологий и нанопродукции на рынки.

В целом еще раз следует отметить, что эффективность применения механизмов технического регулирования в нанотехнологиях зависит от ряда проблем, которые необходимо решить в возможно короткие

- **Part 1: Core terms** – TS 80004-1 published 2010; beginning to amend several terms
 - **Part 2: Nano-objects** – Nanoparticle, nanofibre and nanoplate – revising TS 27687 (UK)
 - **Part 3: Carbon nano-objects** – TS 80004-3 published 2010
 - **Part 4: Nanostructured materials** – TS 80004-4 published 2011
 - **Part 5: Nano/bio interface** – TS 80004-5 published 2011
 - **Part 6: Nanoscale measurement and instrumentation** – nearing CD stage (UK-lead)
 - **Part 7: Diagnostics and therapeutics for healthcare** – TS 80004-7 published 2011
 - **Part 8: Nanomanufacturing processes** – nearing CD stage (USA-lead)
 - **Part 9: Electrotechnical products and systems** – NWIP beginning (Italy-lead)
 - **Part 10: Photonics components and systems** – NWIP beginning (Norway-lead)
 - **Part 11*: Nanofilms, nanocoatings, nanolayers** – NWIP invited (UK and Germany)
 - **Part 12*: Quantum phenomena in nanotechnology** – NWIP invited (Russian Federation)
- * Part number assignment in series is tentative – further to review of anticipated NWIP submission
 TS: Technical Specification; CD: Committee Draft NWIP: New Work Item Proposal
 Under revision Published Near completion Anticipated

Рис.4. Терминологические стандарты, разрабатываемые ИСО ТК 229 и МЭК ТК 113



Терминологические стандарты ИСО ТК 229 и МЭК ТК 113

Обозначение	Название словаря	Этап	Страна-лидер
ИСО/МЭК 80004-1:2010	Нанотехнологии. Ч.1. Основные термины		
ИСО/МЭК 80004-1:2010	Нанотехнологии. Ч.2. Нанообъекты		
ИСО/МЭК 80004-3:2010	Нанотехнологии. Ч.3. Углеродные нанообъекты		
ИСО 80004-4:2011	Нанотехнологии. Ч.4. Наноструктурированные материалы		
ИСО 80004-5:2011	Нанотехнологии. Ч.5. Нанобиоинтерфейс		
ИСО/МЭК 80004-6	Нанотехнологии. Ч.6. Измерения в нанодиапазоне		Великобритания
ИСО 80004-7:2011	Нанотехнологии. Ч.7. Нанотехнологии в здравоохранении		
ИСО/МЭК 80004-8	Нанотехнологии. Ч.8. Технологические процессы		США
ИСО/МЭК 80004-9	Нанотехнологии. Ч.9. Электротехническая продукция и системы		Италия
ИСО/МЭК 80004-10	Нанотехнологии. Ч.10. Компоненты и системы фотоники		Норвегия
ИСО/МЭК 80004-11	Нанотехнологии. Ч.11. Нанопленки, нанопокртия, нанослои		Великобритания и Германия
ИСО/МЭК 80004-11	Нанотехнологии. Ч.12. Квантовые эффекты в нанотехнологиях		Российская Федерация

Примечание. Пересмотр Действует Завершение Новая тема

сроки (в течение 1,5-2 лет), а именно принятия единой международно признанной терминологии, относящейся к нанотехнологиям и наноматериалам, к методикам оценки потребительских свойств, качества и безопасности нанопродукции.

В России начавшийся этап создания нанопроизводств не обеспечен в должной мере:

- достаточным уровнем фундаментальных знаний о свойствах наноматериалов, а также о механизмах управления их получением;
- технологической и измерительной базой отечественного производства;
- высоким уровнем изученности безопасности применения наноматериалов и их

воздействия на здоровье человека и окружающую среду;

- нормативно-методической базой, находящейся пока в стадии формирования.

Все работы по стандартизации нанотехнологий проводятся в России в рамках "Программы стандартизации в nanoиндустрии на 2010 – 2014 гг.", разработанной ВНИИИМАШ и ОАО "РОСНАНО". К середине 2012 года в соответствии с этой программой подготовлены 78 национальных стандартов и рекомендации по стандартизации. На разных стадиях разработки находятся еще 68 нормативных документов, в том числе три стандарта по терминологии в нанотехнологиях. ■