ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 620.18(075.8)

А.Н. Смирнов

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НЕ ТОЛЬКО (обзор)

«…важно точно определить, какие задачи мы должны решить для того, чтобы нанотехнологии занялиместо в производстве и принесли прибыль»
Ж. И. Алферов

В последнее время не только в кругах обывателей, но и ученых сложилось странное, «мягко говоря», отношение к нанотехнологиям, оно даже не критичное, а скорее всего, насмешливо-скептическое. Представляется, что связано это в первую очередь с «нанопургой», которую интенсивно раздувают, не разобравшись, средства массовой информации. Здесь мы постараемся освятить некоторые вопросы определения и классификациеи нанотехнологий.

В своем докладе на Научно-практической конференции «Нанотехнологии – производству 2010» генеральный директор Концерна «Наноиндустрия» М. А. Ананян подчеркнул «… с чего нужно начинать, а начинать надо с самых земных вопросов – с просвещения и доведения до сведения лиц, принимающих решения, **детальной информации о технологическом и экономическом потенциале нанотехнологий.** В этом плане большую поддержку могут оказать **ответственные средства массовой информации».** Слово ответственные подчеркивается, так как в журналисткой среде хватает своих верхоглядов, которые и распространяют «нанопургу», тем самым дезинформируя общество и руководителей разного ранга. Не менее актуален вопрос о том, насколько промышленность готова к восприятию нанотехнологических новаций. В этом направлении предстоит еще большая работа, в которой должен быть активно задействован механизм институтов, факультетов и курсов повышения квалификации. Важна и организация конкретной работы с предприятиями по изучению их технических и технологических проблем и выработке совместных предложений относительно возможных технологических новаций.

Нанотехнологии, нанотехника, наноуровень, наноструктурирование и т. д – все эти термины вошли недавно в нашу жизнь. Давайте разберемся, о чем же идет речь?

Термин «нанотехнологии» впервые появился в литературе в 1974 г. в работе Н. Танигучи (Япония) [1]. В самом общем смысле нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть её упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нм.

Нанотехнологии рассматриваются сегодня как ***область исследований, и как направление технологического развития,*** что порождает серьезную терминологическую путаницу.

Некоторые авторы [2] выделяют **«нанонауку»** занимающуюся познанием свойств наноразмерных объектов и анализом их влияния на свойства материалов, и «**нанотехнологию**», имеющую своей целью развитие этих свойств для производства структур, устройств и систем с характеристиками, заданными на молекулярном уровне.

Часто такое разделение имеет под собой сугубо методическую основу, когда речь идет об анализе научных публикаций (тогда говорится о «нанонауке» [3]) либо патентов (в этом случае используется понятие «нанотехнологии». На практике же провести различие между нанонаукой и нанотехнологией практически невозможно, поэтому во избежание путаницы отдельные исследователи предлагают ограничиться только одним термином «нанотехнологии», объединив в нем обе составляющие. При таком подходе важно определиться и принять согласованное определение нанотехнологий, которое призвано обозначить общие границы рассматриваемой области, исключив из нее лишнее.

Проблема единства понятий и стандартов в области нанотехнологий неоднократно обсуждалась в зарубежной и отечественной литературе. Вопрос этот имеет ключевое значение ***для выработки единого подхода к пониманию сущности и особенностей развития нанотехнологий.***

Несмотря на наличие различных определений нанотехнологий, единого согласованного варианта, причем такого, который образовывал бы основания для построения соответствующих классификаций, пока не существует.

На международном уровне из всего

многообразия подходов, встречающихся в научных публикациях аналитических обзорах и политических документах разных стран, выделяются ***пять определений, пользующихся наибольшим влиянием.***

Эти определения объединяет ряд общих черт, относительно которых следует сделать ряд замечаний.

Во-первых, в каждом из определений обращено внимание на масштаб рассматриваемого явления. Как правило, указывается диапазон от 1 до 100 нм, в котором могут быть зафиксированы уникальные молекулярные процессы.

Во-вторых, подчеркивается принципиальная возможность управления процессами, происходящими, как правило, в границах обозначенного диапазона. Это позволяет отличить нанотехнологии от природных явлений подобного рода («случайных» нанотехнологий), а также обеспечить возможность придания создаваемым материалам и устройствам уникальных характеристик и функциональных возможностей, достижение которых в рамках предшествующей технологической волны было невозможным.

В-третьих, характерной особенностью определений является их экономико-статистическая операциональность. Нанотехнологии представлены как явление, поддающееся количественной оценке, - это техники, инстру-менты, материалы, устройства, системы, что делает их важным элементом цепочек создания стоимости, однако вопросы оценки вклада нанотехнологий в стоимость конечного продукта и пределов диверсификации существующих секторов производства требуют дополнительного рассмотрения.

Существует и ряд различий в определениях, прежде всего, касающихся степени конвергентности и целевого назначения нанотехнологий.

В европейском варианте отмечается как интеграция различных технологий в границах наношкалы, так и их конвергенция с другими технологиями. Японская версия подчеркивает инновационную природу нанотехнологий. Эти версии отражают распространенное убеждение [4], что использование схожих «строительных элементов» (атомов, молекул) и инструментов анализа (микроскопы, компьютеры и т. д.) в различных научных дисциплинах может привести в будущем к синтезу информационных, био- и нанотехнологий.

В настоящее время отсутствие необходимой **методологической базы** и практического инструментария для решения задачи формирования системы экономико-статистических измерений масштабов, структуры и динамики данного технологического направления и соответствующей ему сферы деятельности ведет к весьма ***расплывчатым, а часто и противоречивым представлениям о состоянии сферы нанотехнологий, ее экономическим и социальным эффектам***.

По существующим оценкам, едва ли найдется другая область науки, получившая в глобальном масштабе столь значительные государственные инвестиции за столь короткое время [4, 5]. По замечанию А. Хульмана «вопрос о том, в какой степени «наношумиха» опирается на реальные экономические показатели, а в какой отражает лишь благие пожелания» [6], остается открытым: оценка рынка товаров и услуг, связанных с нанотехнологиями, в зависимости от используемого в них **определения** последних и «степени оптимизма» их авторов варьируются от 150 млрд. долл. к 2010 г до 3,1 млрд. к 2015 г. [7].

Несмотря на ажиотажный характер некоторых прогнозов, большинство экспертов сходятся на том, что нанотехнологии могут трансформироваться в «технологии общего назначения» [8] вслед за информационно-коммуникационными и биотехнологиями. Однако формирование понятийного аппарата, прежде всего определений и классификаций существенно отстает от динамики самого рассматриваемого явления. При значительных инвестициях в эту сферу и неизбежной в этих условиях склонности ***к преувеличению научно-технических и экономических эффектов*** в некоторых аналитических исследованиях и прогнозах, опирающихся на различную терминологию, подобное положение дел вызывает озабоченность, поскольку может оказывать дезориентирующее воздействие на принятие обоснованных управленческих решений. Разработка определений и классификаций довольно сложная задача.

В первую очередь, это связано с «универсальным» характером нанотехнологий, отличающимся многообразием практических приложений. Необходимо также учитывать мультидисциплинарный характер этой сферы и ее адаптивность как к новым научно-технологическим достижениям, так и к потребностям экономики и общества.

В официальной российской практике вплоть до последнего времени действовали два различных базовых определения нанотехнологий, которые представлены, соответственно, в «Концепции развития в РФ работ в области нанотехнологий на период до 2010 г.» и «Программе развития наноиндустрии в РФдо 2015 г»

Нанотехнологии – это совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большого масштаба; в более широком смысле этот термин охватывает также методы диагностики,

характерологии и исследований таких объектов.

Нанотехнологии – технологии, направленные на создание и эффективное практическое использование нанообъектов и наносистем с заданными свойствами и характеристиками.

В обоих случаях отсутствуют указания на особенности, связанные с уникальностью явлений и происходящее в пределах наношкалы. Кроме того, определение, представленное в Программе развития наноиндустрии, не несет новой информации о характеризуемом явлении и формулируется исходя из свойств и признаков одного порядка, что делает его максимально абстрактным.

С целью преодоления указанных выше проблем, была предпринята попытка синтеза эффективных элементов различных существующих подходов. В результате методических усилий появилась новая версия базового определения нанотехнологий, которая прошла целый ряд обсуждений на различных уровнях, включая первый и второй Международные форумы по нанотехнологиям и т.п. Окончательный вариант предлагаемого определения выглядит следующим образом…

Под нанотехнологиям предлагается понимать совокупность приемов и методов, применяемых при изучении, проектировании и производстве наноструктур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, взаимодействия и интеграции составляющих их наномасштабных элементов (около 1 – 100 нм), наличие которых приводит к улучшению, либо к появлению дополнительных эксплуатационных и/или потребительских характеристик и свойств получаемых продуктов.

Данное определение учитывает комплексный научно-технический характер рассматриваемого явления, указывает на специфическую размерность и управляемость основных процессов и т.д. Оно может быть использовано для целей проведения научно-технических экспертиз, формулирования критериев отбора и оценки отдельных проектов, связанных с нанотехнологиями, организации статистического наблюдения в этой сфере.

Это определение было рассмотрено правлением государственно корпорации (ГК) «Роснанотех» в сентябре 2009 года, одобрено и принято в качестве рабочего.

В работе [9] рассмотрены научно-технические направления развития нанотехнологий. В ходе работы были выделены семь направлений, объединенных общим понятием «нанотехнологии», которые составляют списочное определение и образуют основу проекта классификации направлений нанотехнологий.

Как и в случае с определениями, классификация направлений нанотехнологий в настоящее время находится в стадии формирования,. Прежде всего это связано с отсутствием международных терминологических стандартов с сфере нанотехнологий.

Большинство материалов Рабочей группы ISO по стандартизации наноразмерных объектов и процессов носят предварительный характер, а российские стандарты (согласно планам ГК «Роснанотех») должны быть разработаны в период с 2010 по 2014 гг., в зависимости от направления.

Главный редактор журнала «Российские нанотехнологии» М. В. Алфимов в своем обращении к читателям [10] подчеркнул, что **«в настоящее время пока не приняты ни конвенциональное определение нанотехнологий, ни международные стандарты, позволяющие однозначно идентифицировать нанотехнологическую продукцию».**

Существующая проблема заключается в том, что нанотехнологии не являются отраслью экономики в общепринятом смысле, а представляет собой как уже говорилось междисциплинарную область знаний, которая охватывает различные типы продукции. Вот поэтому группа российских экспертов разработала предложения по выработке критериев отнесения продукции к категории «продукции наноиндустрии» Авторами предложены четыре группы нанотехнологической продукции:

1. Первичная нанотехнологическая продукция;
2. Продукты, содержащие нанокомпоненты;
3. Продукты и услуги, произведенные с использованием нанотехнологий;
4. Спецоборудование для нанотехнологий.

Группа 1. Первичная нанотехнологическая продукция (нанообъекты, наносистемы и особо чистые вещества).

К этой группе относят продукцию, используемую как сырье для получения продукции групп 2 и 3 и имеющую размер основных элементов хотя бы в одном измерении 1 – 100 нм, что определяет потребительские характеристики продукции (функциональные свойства). Сюда, прежде всего относят наноматериалы (нанотрубки и нанопроволоки, нанопорошки металлов, нанопленки, объемные наноструктурированные наноматериалы – гели, эмульсии, нанокерамика, катализаторы на носителях и др.) и наноустройства (одно-лектродные транзисторы, мембраны, имеющие наноразмерный диаметр отверстий и др.) К этой же группе относят элементы электронной базы устройств, имеющие наноразмерные масштабы и др.

Группа 2. Продукты, содержащие нанокомпоненты

К этой группе относится продукция, содержащая искусственно созданные нанокомпоненты (*группа 1*), которые придают

продукции новые технические свойства или существенно улучшают их потребительские характеристики. Сюда относят сверхъяркие светодиоды, подшипники с упрочненными **наноструктурированными** покрытиями, металлорежущий инструмент с **наноалмазными** покрытиями, хирургические инструменты с антибактериальными покрытиями и т. д.

Группа 3. Продукты (не содержащие нанокомпонентов) и услуги, произведенные с использованием нанотехнологий.

К этой группе относят продукты, не содержащие нанокомпонентов, и услуги, при производстве которых используются **нано-технологические** процессы, обеспечива-щие продуктам или услугам новые технические характеристики или улучшающие их потребительские свойства. Сюда относят жидкие или газообразные вещества, полученные с использованием наномембранных фильтров; высокооктановый бензин, при изготовлении которого применяли нанокатализаторы и т.д.

Сюда входят также услуги, производимые с использованием **нанотехногий,** например, услуги по медицинской диагностике с использованием интроскопических исследований/ изуализации с применением **наноматериалов и наноструктур**.

Группа 4. Специализированное оборудование для нанотехнологий:

- для измерений и контроля характеристик **нанобъектов и наносистем**;
- для производства и переработки первичных **нанородуктов** и продуктов, содержащих нанокомпоненты;
- оборудование для производства продукции, не содержащей нанокомпоненты, но с использованием **нанотехнологий.**

Заключение

Нам представляется, что результаты данного обзора могут быть полезны не только студентам и аспирантам, но и широкому кругу ученых и специалистов, которые вплотную не занимаются нанотехнологиями, но проявляют интерес к проблемам нанотехнологий и к развитию наноиндустрии в России.

Проблема единства понятий и стандартов в области нанотехнологий, как и в других областях знаний, имеет определяющее значение. Как уже подчеркивалось, вопрос этот имеет ключевое значение для выработки единого подхода к пониманию сущности и особенностей развития нанотехнологий.

Большинство экспертов считают что нанотехнологии могут трансформироваться в ***«технологии общего назначения»*** вслед за информационными и биотехнологиями. В первую очередь, это связано с ***междисциплинарным*** характером нанотехнологий, отличающимся многообразием практических приложений.

Различное трактование терминов и определений в области нанотехнологий может привести и приводит к неизбежной в этих условиях склонности ***к преувеличению научно-технических и экономических эффектов*** и может оказывать дезориентирующее воздействие на принятие обоснованных решений. Поэтому вопрос о том, в какой степени «наношумиха» опирается на реальные экономические показатели, а в какой отражает лишь благие пожелания остается открытым.

Отсюда формирование понятийного аппарата в области нанотехнологий, прежде всего определений и классификаций имеет важнейшее значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.*Третьяков Ю. Д.* Проблемы развития нанотехнологий в России и за рубежом // Вестник РАН,. 2007. Т. 77.− № 1. С. 3 – 10.

2. *Ратнер М., Ратнер Д.* Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. С. 20 − 22.

3. *Игами М.* Библиометрические индикаторы: исследования в области нанонауки // Форсайт, 2008. № 2 (6).С. 36 – 45.

4. *Roco M. C.* National nanotechnology initiative: Past, present and future / Handbook on nanoscience, engineering and technology. W. A et al. CRC, Taylor and Francis, Boca Raton and London, 2007. −P. 3.1 − 3.26.

5. PCAST. The national nanotechnology initiative at five years: Assessment and recommendations of the National Nanotechnology Advisory Board. PCAST. 2005.

6. *Хульман А.* Экономическое развитие нанотехнологий: обзор индикаторов // Форсайт, 2009. № 1 (9).. С. 31 – 32.

7. *Kamei S.* Promoting Japanese style nanotechnology enterprises. Mitsubishi Research Institute, 2002.

8. Youtie J., Iacopetta M., Graham S. Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology? // Journal of Technology Transfer. −2008.− Vol. 33.− P. 315 – 329.

9. *Алфимов М. В., Гохберг Л. М., Фурсов К. С.* Нанотехнологии: определения, классификация // Российские нанотехнологии, −2010. −том 5. № 7-8. − С 8 – 13.)

10. *Алфимов М. В.* Критерии выделения нанопродукции // Российские нанотехнологии., 2010. Т. 5..№ 9-10.− С. 2.

Автор статьи:

Смирнов
Александр Николаевич
– докп. техн. наук, проф. каф.
«Технология машиностроения» КузГТУ.
Тел. 89039464713, т.р. 8(384)441493,