

## 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 заняли место 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 осветить некоторые вопросы определения и классификации 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 журналистской 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 определяетсяnano-структурой, 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 объединяют 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 операционность. Нанотехнологии представлены как явление, поддающееся количественной оценке, - это техники, инструменты, 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 границахnanoшкалы, 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 «натошумиха» 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 варьируется 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 управлеченческих 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 РФ до 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 пределахnanoшкалы. Кроме того, определение, представленное в Программе развитияnanoиндустрии, 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 nanoиндустрии» Авторами предложены четыре группы нанотехнологической продукции:

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

**Группа 1. Первичная нанотехнологическая продукция (nanoобъекты, 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-электродные транзисторы, мембранны, 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 **nanostructured** покрытиями, металлорежущий инструмент с **nanoalloyed** 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 **nanotechnological** процессы, обеспечивающие 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 **nanotechnologies**, например, услуги по медицинской диагностике с использованием интроскопических исследований/ изуализации с применением **nanomaterials** и **nanostuctures**.

**Группа 4. Специализированное оборудование для нанотехнологий:**

- для измерений и контроля характеристик **nanobjekts** и **nanosistem**;
- для производства и переработки первичных **nanoproducts** и продуктов, содержащих нанокомпоненты;
- оборудование для производства продукции, не содержащей нанокомпоненты, но с использованием **nanotechnologies**.

### 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 «натушумиха» 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

– докт. техн. наук, проф. каф.

«Технология машиностроения» КузГТУ.

Тел. 89039464713, т.р. 8(384)441493,