

Павлов К.В.

## СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАЗВИТИЯ НАНОЭКОНОМИКИ

*У статті обґрунтовується доцільність формування системи показників, що характеризує розвиток наноекономіки, також розглядаються конкретні показники, які входять в цю систему та в різних аспектах відображають процес створення сучасної наоіндустрії.*

**Ключові слова:** розвиток наноекономіки, система показників, наоіндустрія, нанорівень.

**Постановка проблемы и анализ последних публикаций.**

Современное социально-экономическое развитие передовых государств во многом определяется эффективным использованием факторов и ресурсов НТП. Доля технологических инноваций в объеме ВВП развитых стран составляет от 70% до 90%. Причем огромное значение в последнее время придается развитию нанотехнологий – научно-технологическому направлению, сформировавшемуся на стыке физики, химии, биологии, медицины и материаловедения. По оценкам специалистов, в обозримом будущем нанотехнологии способны будут совершить в обществе переворот, по своим масштабам превышающий даже последствия широкого распространения компьютеров.

Наноиндустрия занимается производством материалов и изделий сверхмалых размеров на основе изучения свойств различных веществ на молекулярном и атомарном уровнях. В метрической системе нанометр (нм) – а именно от этого слова произошла приставка «нано» в термине «нанотехнология» – соответствует миллимикрону (а это единица измерения длины, равная одной миллиардной метра или  $10^{-9}$ ). Для сравнения толщина человеческого волоса в среднем равна 50 тысячам нм [1].

И хотя в настоящее время исчерпывающего определения понятия «нанотехнология» пока не существует, по аналогии с микротехнологиями можно сказать, что нанотехнологии оперируют величинами порядка одной миллиардной доли метра. В целом под нанотехнологиями обычно понимают совокупность методов и приемов, обеспечивающих возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты размером не более 100 нм хотя бы в одном измерении и в результате этого получившие принципиально новые качества, позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба. В более широком смысле к нанотехнологиям относят также еще и методы диагностики и исследования такого рода объектов.

Кроме нанотехнологий при рассмотрении вопроса о развитии наноиндустрии следует учесть также развитие наноматериалов и наносистемной

техники, являющихся составными элементами наноиндустрии [2]. Наноматериалы – это материалы, содержащие структурные элементы, геометрический размер которых хотя бы в одном измерении не превышает 100 нм и благодаря этому обладающие качественно новыми свойствами, в том числе с заданными функциональными и эксплуатационными характеристиками.

Под наносистемной техникой обычно понимают созданные полностью или частично на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от характеристик систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям. Таким образом, наноиндустрия – это вид деятельности по созданию продукции на основе нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники.

Говоря о развитии наноиндустрии, следует иметь в виду, что в этом случае предполагается рассмотрение широчайшего спектра разнообразных и не всегда напрямую связанных между собой проблем в различных областях науки и техники, где уже используются соответствующие технологии и методы. И хотя поэтому нанотехнологии целесообразно рассматривать не как единое целое, а больше всего лишь как обобщенное понятие, следует признать, что наноиндустрия в целом оказывает революционизирующее воздействие на развитие информационных и телекоммуникационных технологий, биотехнологий, средств безопасности и т. д. В результате за последние годы десятки стран приняли национальные программы развития наноиндустрии в качестве высшего национального приоритета. Среди них такие развитые государства, как США, Япония, Германия, Франция, Китай и ряд других.

Так, в Китае, например, в последнее время работает около 800 компаний, занимающихся внедрением нанотехнологий, а также более 100 профильных научно-исследовательских институтов, абсолютное большинство из которых ориентировано на удовлетворение нужд оборонно-промышленного комплекса этой страны. Другие развитые государства также выделяют огромные средства на оборонные разработки в сфере нанотехнологий. Россия по показателю объема суммарных затрат на развитие наноиндустрии находится в числе лидеров, причем, в более чем 20 субъектах Российской Федерации имеются крупные центры развития нанотехнологий

© Павлов Константин Викторович, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», e-mail: kvr\_ruk@mail.ru

(например, в таких городах, как Белгород, Ижевск, Чебоксары и т.д.). Вместе с тем одной из серьезных проблем в этой сфере в отечественной экономике является проблема массового внедрения изобретений и патентов, полученных при создании наноматериалов и нанотехнологий. Такого рода проблемы, как известно, являются одними из ключевых в сфере НИОКР в России еще с советских времен (своего рода ахиллесовой пятой этой сферы). Другой серьезной проблемой эффективного развития nanoиндустрии является неразработанность системы статистического учета развития nanoиндустрии.

Следует также отметить, что нередко вместо термина «система nanoиндустрии» все чаще используют термин «nanoэкономика», причем под nanoэкономикой нами понимается система воспроизводственных отношений, связанных с производством и использованием нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники. Правда существует и другой вариант использования термина «nanoэкономика». Так, Г. Клейнер выделяет 5 иерархических уровней: мега-, макро-, мезо-, микро- и nanoуровень, а также соответствующие экономические дисциплины: международная экономика, макроэкономика, мезоэкономика, микроэкономика и nanoэкономика [3]. На nanoуровне предметом изучения экономической теории становятся отношения единичного разделения и кооперации труда отдельных работников, конкуренции и монополии индивидов на знания, навыки и умения внутри профессиональных групп, формирование и реализация ценности и полезности их труда. Таким образом, объектом nanoэкономики в таком ее понимании является отдельный индивид, физическое лицо. На наш взгляд, оба подхода имеют право на существование, но в дальнейшем мы будем придерживаться первого варианта. Кроме члена корреспондента РАН Г. Клейнера проблемами развития nanoиндустрии также занимались и занимаются такие известные ученые России и Украины, как академики НАН Украины Н.Г. Чумаченко и А.И. Амоша, профессора В.И. Ляшенко, М.И. Шишкин, А.С. Флерова и ряд других.

#### **Постановка задания**

Для эффективного развития nanoэкономики большое значение имеет разработка и создание системы показателей, в различных аспектах характеризующих современное состояние и динамические параметры развития nanoиндустрии. Причем речь идет о создании именно системы показателей, когда используется комплексный подход и учитываются по крайней мере все основные аспекты и элементы формирования и развития nanoэкономики. Разумеется, в этой системе обязательно должен быть раздел, в котором рассматриваются показатели, характеризующие развитие nanoэкономики в целом и на разных уровнях управленческой иерархии: на мировом и международном уровнях, на национальном, отраслевом и региональном уровнях, а также на уровне отдельного предприятия (организации) и его отдельных структурных подразделений.

Здесь, прежде всего, речь идет о таких показателях, как суммарный объем разработки и использования nanoизделий, выраженный в стоимостных и натуральных единицах измерения, а также суммарные затраты на создание и внедрение такого рода изделий на разных уровнях управленческой иерархии. Кроме того, в эту группу показателей обязательно должны войти показатели, характеризующие удельный вес, долю стоимости nanoизделий в общей стоимости продукции, которую выпускает данный хозяйствующий субъект. Следует также включить показатели, характеризующие социально-экономическую эффективность использования nanoпродукции и nanoиндустрии в целом – как общие показатели эффективности, так и частные показатели (производительность труда, фондоотдачу, материалоемкость, капиталоемкость и пр.).

#### **Основной материал исследования**

Весьма важный показатель – это показатель наукоёмкости, характеризующий технологию и отображающий степень ее связи с научными исследованиями и разработками. В данном случае под технологией следует понимать совокупность методов и приемов, применяемых на всех стадиях разработки и изготовления определенного вида изделия [4]. Под наукоёмкой же технологией понимается такая технология, которая включает в себя объемы опытных работ, превышающие средние значения этого показателя технологий в определенной сфере экономики и чаще всего наукоёмкость рассматривается в сфере обрабатывающей промышленности [5]. Для nanoизделий оценивать их наукоёмкость крайне важно.

Наукоёмкость отрасли обычно измеряется как отношение общих расходов к расходам сбыта, а также как отношение объемов сбыта к численности ученых, инженеров и техников, занятых в данной отрасли. Наукоёмкая продукция – это изделие, в себестоимости которого расходы на НИОКР выше, чем в среднем по отраслям данной сферы хозяйства.

Динамику nanoэкономики характеризуют такие показатели, как рост и прирост nanoпродукции, темп роста и темп прироста ее. Структурные изменения характеризуются таким показателем, как изменение доли стоимости nanoпродукции в общей стоимости выпускаемой продукции данным хозяйствующим субъектом (предприятием, отраслью, регионом, народнохозяйственным комплексом в целом).

Любое промышленное изделие характеризуется определенным уровнем качества, которое в настоящее время является одной из важнейших характеристик степени конкурентоспособности продукции. Повышение качества особенно актуально для отечественных товаров в настоящее время, когда российская экономика пытается осуществить переход от экономики сырьевого типа к развитой современной инновационной экономике. Формирование и развитие nanoиндустрии является одним из ключевых направлений реализации такого рода перехода, в связи с чем вопрос об оценке уровня качества nanoизделий стоит особенно остро.

Важнейшим аспектом качества продукции является ее надежность, т.е. свойство изделия сохранять во времени в определенных границах значения всех показателей, характеризующих способность осуществлять определенные функции в конкретных режимах и в условиях использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и перевозки.

Надежность является важным свойством нанопродукции, и поэтому показатели надежности относятся к основным показателям, характеризующим качество продукции. Они отображают способность нанопродукта с течением времени реализовывать требуемые функции в заданной системе. Эти показатели характеризуют особенность безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Безотказность представляет собой способность нанопродукта постоянно сохранять работоспособность в течение определенного периода времени или отдельной наработки, которая проявляется в возможности безотказной деятельности. Ремонтпригодность – это свойство нанопродукции, которое состоит в приспособленности его к предупреждению и выявлению причин появления отказов, повреждений и ликвидации их последствий в результате проведения ремонтов и технического обслуживания. Восстановление нанопродукции обуславливается средним временем восстановления до определенной величины показателя качества и степенью возобновления. Под сохраняемостью понимается способность наноизделия сохранять исправное и работоспособное, годное к использованию и эксплуатации состояние в течение времени после хранения и перевозки. Средний срок сохраняемости и назначенный срок хранения являются показателями сохраняемости. Долговечность – способность нанопродукции сберечь работоспособность до наступления предельного состояния при установленном сроке технического обслуживания и ремонта. Средний ресурс и средний срок службы являются показателями долговечности, причем понятие «ресурс» используется при характеристике долговечности по наработке изделия, а «срок службы» – при характеристике долговечности по календарному периоду времени. При этом выделяют единичный показатель надежности, который характеризует одно из качеств наноизделия, и комплексный показатель, характеризующий несколько качеств, составляющих надежность нанопродукции.

Важно определять также показатели технологичности нанопродукции. К наиболее важным показателям из этой группы относятся такие, как удельная материалоемкость наноизделия, его удельная трудоемкость изготовления, удельная энергоемкость изготовления и эксплуатации наноизделия, а также средняя оперативная длительность технического обслуживания данного наноизделия. В целом показатели технологичности выражают обобщенную характеристику рациональности примененных в продукции конструкторских и технологических решений и наилучшее распределение расходов на всех стадиях жизненного цикла нанопродукции.

Актуальна проблема статистической оценки технологичности не только наноизделия в целом, но и составных наноэлементов в сложной конструкции. Технологичность конструкции – это свойство, отражающее, насколько четко учитываются требования имеющейся технологии и системы освоения производства, транспортировки и технического обслуживания изделия. Технологичная конструкция обеспечивает минимизацию длительности производственной деятельности и расходов материалов на всех фазах жизненного цикла продукта. К основным показателям технологичности конструкции, в которой имеются наноэлементы, можно отнести следующие: удельный вес нанодеталей в их общем количестве в данном изделии, коэффициент межпроектной унификации (т.е. заимствования) наноэлементов устройства, коэффициент унификации технологичности нанопроцессов и ряд других.

Учитывая, что в развитии наноиндустрии в России в настоящее время одним из наименее эффективных звеньев является серийное, массовое производство наноизделий, большое значение имеет разработка показателей стандартизации и унификации нанопродукции, отражающих степень применения стандартных, унифицированных и неповторимых компонентов в составе продукта. Напомним, что стандартизация – это система разработки и определение требований, норм, правил, характеристик, выраженных в стандартах как обязательных, так и рекомендуемых для выполнения при производстве продукции. Стандартизация является очень значительным фактором повышения качества продукции и ускорения НТП на разных уровнях общественной иерархии. Унификация является одним из методов стандартизации и под унификацией понимается приведение объектов одинакового конструктивного назначения к единой форме по определенным качествам и рациональное снижение количества этих объектов на основе сведений об их эффективном использовании. При унификации определяют наименьшее необходимое, но достаточное количество типов, разновидностей, типоразмеров, компонентов, деталей, имеющих высокие показатели качества и взаимозаменяемости. Вследствие стандартизации и унификации являются единые требования к качеству наноизделий, охране и условиям труда работников на предприятиях.

К показателям стандартизации и унификации относятся коэффициенты применяемости, повторяемости составных частей наноизделия, унификации изделий, нового оригинального конструирования, серийности, экономической эффективности стандартизации нанообъекта. Помимо данных показателей также рассчитываются коэффициенты повторяемости и унификации по конструктивным компонентам. Таким образом, показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность товара обыкновенными, унифицированными компонентами, которыми являются входящие в него конструкции, приборы, агрегаты, комплекты и пр. Одним из важнейших направлений и методов

стандартизації являється агрегування, под которым понимается способ создания машин, установок, конструкций, узлов, аппаратов и других изделий из унифицированных агрегатов, устанавливаемых в изделия в различном количестве и в разных комбинациях.

Большое значение имеет разработка показателей, характеризующих инновационную активность социально-экономических систем на разных уровнях управленческой иерархии. Так, уровень инновационной активности отражает показатель удельного веса предприятий и организаций (в регионе, в отрасли, в национальной экономике в целом), осуществляющих технологические, организационные и маркетинговые инновации в сфере нанотехнологий в общем числе предприятий и организаций. Для отдельного предприятия аналогичный показатель выражается в определении доли цехов и иных структурных подразделений предприятия, осуществляющих нанотехнологические инновации, в общем числе (как в общем числе инновационно активных подразделений, так и удельный вес в целом). Кроме этого показателя уровень инновационной активности и насыщенности рынка нанотехнологической продукцией также характеризует показатель удельного веса нанотехнологических работ и услуг в общем объеме инновационных товаров, работ и услуг, а также в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ и услуг организаций.

Целесообразно рассчитывать и интенсивность затрат на технологические нанотехнологические инновации в виде отношения затрат на технологические нанотехнологические инновации к объему отгруженных товаров и выполненных работ. Для более детального анализа важно определить удельный вес малых, средних и крупных предприятий, осуществляющих нанотехнологические инновации, в общем числе соответственно малых, средних и крупных предприятий. Следует также рассчитывать показатели удельного веса экспорта и импорта нанотехнологических товаров и нанотехнологий в общем объеме соответственно экспорта и импорта.

Еще одной важной группой показателей являются показатели, характеризующие результативность и эффективность нанотехнологий в отрасли, в регионе и в национальной экономике в целом. К ним относятся показатели окупаемости затрат на нанотехнологические инновации (под этим показателем понимается отношение объема нанотехнологических товаров, работ и услуг к сумме затрат на исследования, разработки и приобретение нанотехнологических инноваций), выпуска нанотехнологической продукции в среднем на душу населения, отношения числа передовых использованных нанотехнологий к числу созданных нанотехнологий, а также показатель отношения нанотехнологических товаров, работ и услуг к числу инновационно активных предприятий. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что в большинстве регионов России, например, связь между инновационным развитием и эффективностью территориального воспроизводства весьма слабо выражена [6].

Обострение экологических проблем обуславливает необходимость статистического учета степени вредного влияния на окружающую среду,

возникающего при производстве, применении и эксплуатации нанотехнологической продукции. Для количественной оценки используют показатели экологичности продукции, являющиеся одним из основных свойств, обуславливающих уровень ее качества. К основным показателям экологичности нанотехнологической продукции относятся такие показатели, как содержание вредных примесей в нанотехнологических продуктах, выбросы вредных веществ в окружающую среду вследствие нанотехнологического производства, оценка уровня шума, вибрации, радиоактивного загрязнения окружающей среды (научное направление, в рамках которого исследуются вопросы влияния развития нанотехнологической индустрии на состояние окружающей среды, можно назвать нанотехнологической экологией).

Кроме экологических показателей, при разработке системы показателей, характеризующих формирование и развитие нанотехнологической экономики, следует рассмотреть вопрос о целесообразности создания других групп показателей, таких, как, например, эргономические, эстетические и иные группы показателей. Эргономические показатели отображают удобство и комфорт использования нанотехнологической продукции. Так, психологические показатели применяются при установлении соответствия нанотехнологического изделия возможностям восприятия и переработки информации, а также психологическим качествам человека. Другая разновидность эргономических показателей – антропометрические показатели – применяются при установлении соответствия конструкции изделия величине, форме и массе человеческого тела и его отдельных составляющих, входящих в контакт с нанотехнологическим изделием. К этой категории относятся также гигиенические, физиологические и психофизиологические показатели.

Так, гигиенические показатели используются при установлении соответствия нанотехнологического изделия гигиеническим требованиям жизнедеятельности и работоспособности человека при реакции его с изделием. Иначе говоря, гигиенические показатели определяют соответствие изделия санитарно-гигиеническим нормам. Физиологические показатели применяются при установлении соответствия нанотехнологического изделия физиологическим особенностям человека и функционированию его органов чувств (например, соответствие устройства нанотехнологического изделия силовым и скоростным особенностям человека или соответствие конструкции нанотехнологического изделия зрительным и психофизиологическим особенностям человека).

Эстетические показатели нанотехнологической продукции характеризуют ее эстетическое воздействие на человека. Показатели этой группы связаны с комплексным качеством – эстетичностью, воздействующей на восприятие человеком нанотехнологической продукции с точки зрения ее внешнего вида. Это качество определяется такими простыми признаками, как форма, гармония, композиция, стиль и т.д. В соответствии с этим эстетические показатели характеризуют соответствие нанотехнологического изделия окружающей среде, стилю, информационно-художественное оформление нанотехнологической продукции, ее гармоничность и выразительность, оригинальность дизайна упаковки и пр.

## Выводы

Перечисленные группы системы показателей отображают, на наш взгляд, основные аспекты процесса формирования и развития наноэкономики (в этой связи эту систему можно назвать системой нанопоказателей). В систему нанопоказателей, таким образом, следует включить следующие разделы: общий раздел; раздел динамики нанопоказателей; раздел, характеризующий качество, уровень стандартизации и унификации нанопродукции, раздел эффективности и инновационной активности наноиндустрии, а также разделы, характеризующие экологичность, эргономические и эстетические свойства нанопродукции. Однако сказанное совсем не означает, что со временем система показателей, характеризующих наноиндустрию, не пре-

терпит существенных изменений и в нее не будут добавлены новые разделы показателей. В заключение также следует добавить, что показатели всех перечисленных групп следует рассматривать на разных уровнях управленческой иерархии: мега-, макро-, мезо-, микро- и миниуровнях. Данная система показателей может стать элементом формирующихся в настоящее время в России национальной и региональных инновационных систем. Предложенная система показателей может быть использована для осуществления анализа современного состояния и определения перспектив развития наноэкономики не только в России, но и в других странах, в том числе в Украине.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Флерова А. О государственном регулировании инновационного развития в области наноматериалов и нанотехнологий в России / А.О. Флерова // Инвестиции в России. – 2006. – № 8 – С. 41–47.
2. Ляшенко В.И. Наноэкономика в славянских странах СНГ (Серия: Экономическое славяноведение) / В.И. Ляшенко, К.В. Павлов, М.И. Шишкин. – Ижевск: КнигоГрад, 2011. – 348 с.
3. Клейнер Г. Наноэкономика / Г. Клейнер // Вопросы экономики. – 2004. – № 12. – С.70–93.
4. Перевалов Ю.В. Инновационное предпринимательство и проблемы технологического развития / Ю.В. Перевалов // Общество и экономика. – 1997. – №7. – С.18–84.
5. Федулова Л.И. Экономическая природа технологий и технологического развития / Л.И. Федулова // Экономическая теория. – 2006. – №3. – С.3–19.
6. Иванова М.В. Региональное инновационное пространство: особенности развития экономики знаний в регионах России. / М.В. Иванова. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2012. – 173 с.