

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Чооду О.А.

Тувинский государственный университет

### MODERN ENGINEERING TECHNOLOGIES

Choodu O.A.

*В статье рассматриваются пути развития нанотехнологий в России, а также перспективные направления их развития и применения в области машиностроения и промышленности в целом. Методы объемного, ресурсосберегающего наноконструирования в машиностроении позволяют получать надежные и качественные детали, агрегаты, механизмы и другие технологические устройства.*

**Ключевые слова:** нанотехнология, машиностроение, промышленность, наука.

*The paper considers the development of nanotechnology in Russia as well as promising directions for its development and application in the field of engineering and industry in general. By volume, resource nanodesigning in engineering can produce reliable and quality parts, assemblies, equipment and other technological devices.*

**Keywords:** nanotechnology, engineering, industry, and science.

За последние несколько лет короткое слово с большим потенциалом – «нано» быстро вошло в мировое сознание. Существует множество слухов и ошибочных мнений относительно нанотехнологии. «Нано» – это не только крошечные роботы, которые могут (или не могут) завоевать мир. По сути, это огромный шаг в науке.

Нанотехнология – область прикладной науки и техники, имеющая дело с объектами размером менее 100 нанометров (1 нанометр равен  $10^{-9}$  метра). Нанотехнология качественно отличается от традиционных инженерных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические, технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее: свойства и взаимодействия отдельных атомов и молекул, квантовые эффекты.

Нанотехнология сейчас находится в начальной стадии развития, поскольку основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных результатов позволяет относить её к высоким технологиям.

Нанотехнология и, в особенности, молекулярная технология – новые области,

очень мало исследованные. Развитие современной электроники идёт по пути уменьшения размеров устройств. С другой стороны, классические методы производства подходят к своему естественному экономическому и технологическому барьеру, когда размер устройства уменьшается не намного, зато экономические затраты возрастают экспоненциально. *Нанотехнология – следующий логический шаг развития электроники и других наукоёмких производств.*

Английский термин «Nanotechnology» был предложен японским профессором Норио Танигучи в середине 70-х гг. прошлого века и использован в докладе «Об основных принципах нанотехнологии» (On the Basic Concept of Nanotechnology) на международной конференции в 1974 г., т. е. задолго до начала масштабных работ в этой области [4, С. 10-17]. По своему смыслу он заметно шире буквального русского перевода «нанотехнология», поскольку подразумевает большую совокупность знаний, подходов, приемов, конкретных процедур и их материализованные результаты – нанопroduкцию.

Как следует из названия, номинально наномир представлен объектами и структурами, характерные размеры  $R$  которых измеряются нанометрами ( $1\text{нм} = 10^{-9}\text{м} = 10^6\text{мм} = 10^{-3}\text{мкм}$ ). Сама десятичная приставка «нано-» происходит от греческого слова

nanos – «карлик» и означает одну миллиардную часть чего-либо. Реально наиболее ярко специфика нанообъектов проявляется в области характерных размеров  $R$  от атомных ( $\sim 0,1$  нм) до нескольких десятков нм. В ней все свойства материалов и изделий (физико-механические, тепловые, электрические, магнитные, оптические, химические, каталитические и др.) могут радикально отличаться от макроскопических. Существует более десятка причин специфического поведения и особых свойств наноструктурных материалов и нанообъектов. Причем, их свойства существенно зависят от размеров морфологических единиц и могут быть изменены в необходимую сторону путем добавления и удаления атомов (молекул) одного сорта.

#### **Значение применения нанотехнологий для машиностроения**

Проблему катастроф различных физических объектов и на земле, и в воде, и в воздухе, и в космосе, в основном, связанных с качеством и надежностью машин, нельзя решить без учета эволюционного развития структуры материала на всех этапах его жизненного цикла. Понимание термина «технологический мониторинг» в контексте новой метрологии объемного наноструктурирования позволит решать задачи по обеспечению качества и повышенного ресурса оборудования, устранить необходимость завышенного коэффициента запаса прочности, что повышает конкурентоспособность [22].

Объемное наноструктурирование имеет решающее значение при разработке отличающихся малым весом летательных аппаратов из термически устойчивых материалов с высокой удельной прочностью.

*Например:*

Внедрение нанотехнологий в *автомобильную промышленность* позволит сделать автомобили:

1. Доступными (нанотехнологические методы производства позволяют создавать товары и услуги с низкой себестоимостью; в автомобилях будущего основной составляющей цены будет являться «бренд»);

2. Комфортными (более совершенная работа механических частей, улучшенная

шумо- и вибро- изоляция на основе наноструктурированных материалов, эргономичный салон);

3. Эффективными (повышения средней скорости движения автомобилей, повышение КПД использования энергии, необходимой для перевозки людей и грузов);

4. Интеллектуальными (широкое внедрение информационных систем во все узлы и компоненты автомобилей, принятие автомобилем все больших функций водителя на себя);

5. Безопасными для человека и окружающей среды (новые, экологически чистые силовые установки, в том числе на топливных элементах, качественно новый уровень пассивной и активной безопасности для обитателей салона и пешеходов, широкое использование в конструкции авто биodeградируемых материалов, а с созданием дисассемблеров – возможность 100% утилизации устаревших автомобилей).

Кроме того, запатентованы новые способы и ресурсосберегающие нанотехнологии, в том числе повышения долговечности на этапе эксплуатации, упрочнения твердых сплавов, нержавеющей, конструкционных и инструментальных марок стали, кузнечной сварки многослойных композиций и производства цельнокованого нержавеющей дамаска, квазиаморфного модифицирования карбидами и оксидами кремния. При этом ресурс изделий различного назначения, изготовленных по новой методологии для отраслей машиностроения повышается от 200 до 500%.

В целом же, разработка и применение нанотехнологий в области машиностроения позволят достичь следующих основных целей [12]:

1. Изменение структуры валового внутреннего продукта в сторону увеличения доли наукоемкой продукции.

2. Повышение эффективности производства.

3. Переориентация российского экспорта с, в основном, сырьевых ресурсов на конечную высокотехнологичную продукцию и услуги путем внедрения наноматериалов и нанотехнологий в технологические процессы российских предприятий.

4. Создание новых рабочих мест для высококвалифицированного персонала инновационных предприятия, создающих продукцию с использованием нанотехнологий.

5. Развитие фундаментальных представлений о новых явлениях, структуре и свойствах наноматериалов.

6. Формирование научного сообщества, подготовка и переподготовка кадров, нацеленных на решение научных, технологических и производственных проблем нанотехнологий, создание наноматериалов и наносистемной техники, с достижением на этой основе мирового уровня в фундаментальной и прикладной науках.

Эффективное достижение намеченных целей потребует системного подхода к решению целого ряда взаимоувязанных задач, основными из которых являются:

1. Координация работ в области создания и применения нанотехнологий, наноматериалов и наносистемной техники;

2. Создание научно-технической и организационно-финансовой базы, позволяющей сохранить и развивать имеющийся в России приоритетный задел в исследованиях и применении нанотехнологий; развитие бюджетных и внебюджетных фондов, поощряющих и развивающих исследования в области наноматериалов и нанотехнологий и стимулирующих вклады инвесторов;

3. Формирование инфраструктуры для организации эффективных фундаментальных исследований, поиска возможных применений их результатов, развития новых нанотехнологий и их быстрой коммерциализации;

4. Поддержка межотраслевого сотрудничества в области создания наноматериалов и развития нанотехнологий;

5. Обеспечение заинтересованности в решении научных, технологических и производственных проблем развития нанотехнологий и наноматериалов путем либерализации налоговой политики, оптимизации финансовой политики; создание системы защиты интеллектуальной собственности;

6. Разработка и внедрение новых подходов к обучению специалистов в области нанотехнологий.

### **Технологические особенности применения нанотехнологий в машиностроении (на примере автомобильной промышленности)**

Нанотехнологии обещают целый ряд выгод от широкомасштабного внедрения в массовое производство автомобилей. Так буквально каждый узел или компонент в конструкции автомобиля может быть в значительной степени усовершенствован при помощи нанотехнологий.

Одним из наиболее перспективных и многообещающих направлений применения (в том числе коммерческого) достижений современной нанотехнологии является область наноматериалов и электронных устройств [14, 15, 16].

Уже существуют легко очищающиеся и водоотталкивающие покрытия для материалов, основанные на использовании диоксида кремния.

В форме наночастиц это вещество приобретает новые свойства, в частности, высокую поверхностную энергию, что и позволяет частицам  $\text{SiO}_2$  при высыхании коллоидного раствора прочно присоединяться к различным поверхностям, в первую очередь к родственному им по составу стеклу, образуя, тем самым, сплошной слой наноразмерных выступов.

Покрытие из наночастиц кремнезема делает обработанную поверхность гидрофобной - на поверхности с плёнкой из  $\text{SiO}_2$  капля воды касается субстрата лишь немногими точками, что во много раз уменьшает Ван-дер-ваальсовы силы и позволяет силам поверхностного натяжения жидкости сжать каплю в шарик, который легко скатывается по наклоненному стеклу, унося с собой накопившуюся грязь.

В силу наноразмерной толщины, такие покрытия совершенно невидимы, а благодаря биоинертности кремнезема - безвредны для человека и окружающей среды. Они устойчивы к ультрафиолету и выдерживают температуры до  $400^\circ\text{C}$ , а действие водоотталкивающего эффекта длится в течение 4 месяцев.

Несколько зарубежных фирм уже выпускают подобные покрытия в промышленных масштабах. На российском рынке их продукцию представляет

эсклюзивный дистрибутор – компания Nanotechnology News Network.

Что касается в прямом понимании самоочищающихся поверхностей, то такая технология основана на использовании диоксида титана. Принцип действия материала с таким покрытием заключается в следующем.

При попадании ультрафиолетового излучения на нанопокрывание из  $TiO_2$  происходит фотокаталитическая реакция. В ходе этой реакции испускаются отрицательно заряженные частицы – электроны, а на их месте остаются положительно заряженные дырки. Благодаря появлению комбинации плюсов и минусов на поверхности, покрытой катализатором, содержащиеся в воздухе молекулы воды превращаются в сильные окислители – радикалы гидроокиси (НО),

которые в свою очередь окисляют и расщепляют грязь, а также нейтрализуют различные запахи и убивают микроорганизмы.

Кроме покрытий для стекол также разработаны и выпускаются составы с аналогичным действием для тканей, металла, пластика, керамики – и все они имеют потенциал для применения в автомобильной промышленности.

Из серийных моделей автомобилей гидрофобное покрытие наносится на боковые стекла Nissan Terrano II. Оно не создает полноценный водоотталкивающий эффект, но уменьшает пятно контакта поверхности с каплями воды, благодаря чему во время дождя стекло остается вполне прозрачным (см. рис. 1).

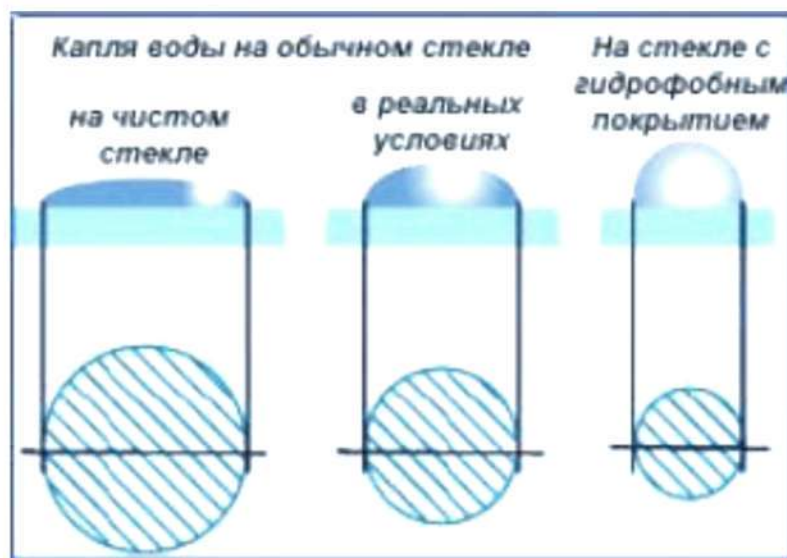


Рис. 1. Водоотталкивающий эффект гидрофобного покрытия

По некоторым сообщениям, концерн BMW работает над созданием самоочищающихся покрытий на основе нанопорошков.

Компания Mercedes-Benz с конца 2003 года выпускает модели А, С, Е, S, CL, SL, SLK покрытых новым поколением прозрачных лаков, изготовленных с использованием нанотехнологии. В состав верхнего слоя такого лакокрасочного покрытия вводят наноскопические керамические частицы. По утверждению создателей, новое лакокрасочное покрытие защищает кузов от царапин в три раза эффективнее, чем обычный лак.

По результатам испытаний оказалось, что покрытые лаком нового типа машины сохраняют блеск на 40% сильнее, чем покрашенные обычной краской.

Новое лаковое покрытие не только защищает кузов от механических повреждений, но еще и полностью отвечает требованиям Mercedes относительно устойчивости к воздействию химических элементов, находящихся в воздухе.

В настоящее время с использованием нанотехнологических подходов уже производятся высокоэффективные антифрикционные и противозносные покрытия для

автотранспорта. Так российский концерн «Наноиндустрия» наладил серийное производство ремонтно-восстановительного состава «Нанотехнология». Состав предназначен для обработки механических деталей, испытывающих трение – двигали, трансмиссия.

При применении состав позволяет создавать модифицированный высокоуглеродистый железосиликатный защитный слой (МВЗС) толщиной 0,1-1,5 мм в областях интенсивного трения металлических поверхностей, что дает возможность избирательной компенсации износа мест трения и контакта деталей за счет образования в этих местах нового модифицированного поверхностного слоя. Использование ПВС позволяет увеличивать ресурс работы узлов и деталей в 2-3 раза за счет замены плановых ремонтов предупредительной обработкой, снижает вибрации и шум, на 70-80% снижает токсичность выхлопа автомобиля без применения каких-либо других мер.

В аэрокосмической промышленности уже широко применяется семейство наноструктурированных аэрогелей. Так кремниевый аэрогель – лучший в мире твердый теплоизолятор, когда-либо обнаруженный или полученный. Для промышленности он представляет интерес, так как обладает высокой термической изоляцией – до 800°C (2,5-сантиметровый лист из силиконового аэрогеля надежно защищает руку человека от огня паяльной лампы) и акустической изоляцией – скорость звука при прохождении через аэрогель составляет лишь 100 м/сек. Развитие нанотехнологии позволит снизить себестоимость производства аэрогелей и сделает этот вид материалов доступным для применения в различных отраслях промышленности, в том числе автомобильной.

Большие перспективы имеются в улучшении электронных компонентов автомобиля с помощью нанотехнологий. Так МикроЭлектроМеханические системы (MEMS) уже расширяют стандартную технологию микроэлектроники, позволяет объединять в одной микросхеме элементы, обеспечивающие как механическое перемещение физических частей, так и электронов в электрической схеме.

Это позволяет вместо отдельного производства микроактуаторов и сенсоров, делать их в виде интегрированного в микросхему единого изделия. При этом для их производства используется уже апробированная традиционная технология производства интегральных микросхем и полупроводников.

Идею подвижного кремния (еще так называют MEMS) прекрасно иллюстрируют MEMS-акселерометры, которые уже широко используются в качестве сенсоров автомобильных подушек безопасности.

Вращающиеся акселерометры также используются для расширения возможностей антиблокировочных систем автомобиля (ABS). Кроме того, в автомобилях MEMS находят применение в датчиках продольных и поперечных ускорений, датчиках крена и т.д. Определяя положение кузова, они служат источником информации для работы различных электронных систем стабилизации и контроля курсовой устойчивости. Также MEMS представляют интерес для создания датчиков давления, температуры. В дорогих автомобилях количество датчиков и сенсоров на основе MEMS-технологии может составлять до нескольких десятков штук. Кроме измерения ускорений и детектирования перемещений, MEMS используется в системах GPS-навигации.

История развития MEMS насчитывает более сорока лет, но широкое практическое распространение эти системы получили только с середины 90-ых годов прошлого века. В настоящее время уже идет речь о развитии NEMS – NanoElectroMechanical Systems. В результате эволюции MEMS происходит уменьшение до нано размеров механических компонентов систем, снижается их масса, при этом увеличивается их резонансная частота и уменьшается константы взаимодействия, что сказывается на значительном повышении функциональности данного рода устройств. Точность измерения перемещения у лучших образцов таких устройств составляет 10 нанометров.

Развитие нанотехнологий обещает массовое распространение новых конструкционных материалов с порою уникальными свойствами и характеристиками. Наибольший интерес для инженеров и



исследователей представляют углеродные материалы, из которых в настоящее время наиболее изученными, а также наиболее перспективными для целей практического применения являются углеродные нанотрубки (УНТ). Они обладают самым широким набором уникальных свойств, делающих их чрезвычайно перспективными для использования, в том числе в автомобилестроении.

Баллистический характер электропроводности УНТ (электроны движутся, как бы скользя по поверхности, не встречая препятствий) позволит создавать высокоэффективные электропроводящие узлы различных машин и механизмов, в том числе автомобилей.

Углеродные нанотрубки уже находят применение в конструкции современных автомобилей. Например, инженеры компании Toyota добавляет композиционный материал на основе УНТ в пластиковые бамперы и дверные панели своих автомобилей. Помимо повышения прочности и снижения массы, пластик со смолой из УНТ становится электропроводным, и его можно покрывать теми же красками с электрическим нанесением, что и металлические детали.

Электронные системы все более тесно интегрируются в конструкцию автомобиля. Существует тенденция дальнейшего расширения использования электроники в автомобилях с одновременным совершенствованием самой полупроводниковой техники и появлении *нанoeлектроники* и *молекулярной электроники*.

Нанотранзисторы, в том числе с нанотрубками в конструкции будут обладать рядом улучшенных характеристик и бесспорных преимуществ по сравнению с традиционными кремниевыми:

- повышенное быстродействие;
- термо- и радиационная стойкость;
- миниатюрность;
- низкое энергопотребление и как следствие – незначительное тепловыделение при работе.

Большой интерес представляют нанотехнологии для создания перспективных автомобилей на топливных элементах.

С помощью нанотрубок предполагается решить проблему надежного и безопасного хранения водорода на борту транспортного

средства, так как наряду с металлами и жидкостями углеродные нанотрубки могут заполняться газообразными веществами и связывать большое его количество.

Китайские и американские ученые совместно разработали нанолампочку, в которой нитью накаливания служит не вольфрамовая проволока, а углеродные нанотрубки. Лампочка с УНТ более экономичная – при равном напряжении она испускает больше света.

Сейчас конструкторы «гибридных» автомобилей уже сталкиваются с потребностью в компактных, легких и высокоемких аккумуляторных батареях. Стоит напомнить, что ставшие традиционными кислотные аккумуляторы не годятся, в силу большой массы, громоздкости, экологической «небезупречности». С ростом парка гибридов, а также с массовым появлением водородных автомобилей на ТЭ потребность в автономных источниках хранения электрической энергии возрастет еще больше. Нанотехнологии предлагают ряд решений данной проблемы.

В силу того, что большинство автомобилей будущего будет работать на электрической тяге, гораздо больший интерес станет представлять использование фотоэлементов в конструкции автомобиля. В этом отношении нанотехнология позволяет создавать долговечные, ультратонкие и гибкие преобразователи солнечного света. Кроме того, использование нанотехнологических принципов позволит получать солнечные панели с КПД до 80-90%.

Кроме конструкции автомобиля, изменится структура самой автомобильной промышленности.

Так с появлением *автоматизированной молекулярной нанотехнологии* получит новое развитие уже наметившаяся тенденция – разделение функций разработки/проектирования автомобилей и их производства с окончательным закреплением приоритета за первой из перечисленных двух функций. Собственно в будущем автомобильные концерны будут только разрабатывать конструкции тех или иных моделей автомобилей для последующей продажи права на их производство методами *поatomной сборки* сторонним организациям.

Тем самым не автомобиль будет товаром, а информация об особенностях его конструкции, что будет полностью соответствовать модели новой экономической формации, где единственным предметом обмена станет информация.

### **Развитие нанотехнологий в машиностроении**

Стратегическими национальными приоритетами Российской Федерации, изложенными в утвержденных 30 марта 2002г. Президентом Российской Федерации «Основах политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», являются: повышение качества жизни населения, достижение экономического роста, развитие фундаментальной науки, образования и культуры, обеспечение обороны и безопасности страны [12].

Одним из реальных направлений достижения этих целей может стать ускоренное развитие нанотехнологий на основе накопленного научно-технического задела в этой области и внедрение их в технологический комплекс России.

Развитие направлений науки, техники и технологий, связанных с созданием, исследованиями и использованием объектов с наноразмерными элементами, уже в ближайшие годы приведет к кардинальным изменениям во многих сферах человеческой деятельности – в том числе и в машиностроении.

Новейшие нанотехнологии наряду с компьютерно-информационными технологиями и биотехнологиями являются фундаментом научно-технической революции в XXI веке, сравнимым и даже превосходящим по своим масштабам с преобразованиями в технике и обществе, вызванными крупнейшими научными открытиями XX века.

В развитых странах осознание ключевой роли, которую уже в недалеком будущем будут играть результаты работ по нанотехнологиям, привело к разработке широкомасштабных программ по их развитию на основе государственной поддержки.

Так, в 2000 г. в США принята приоритетная долгосрочная комплексная программа, названная Национальной нанотехнологической инициативой и рассматриваемая как эффективный инструмент, способный обеспечить лидерство США в первой половине текущего столетия. К настоящему времени бюджетное финансирование этой программы увеличилось по сравнению с 2000 г. в 2,5 раза и достигло в 2003 г. 710,9 млн. долл., а на четыре года, начиная с 2005 г., планируется выделить еще 3,7 млрд. долл. Аналогичные программы приняты Европейским союзом, Японией, Китаем, Бразилией и рядом других стран.

В России работы по разработке нанотехнологий начаты еще 50 лет назад, но слабо финансируются и ведутся только в рамках отраслевых программ. К настоящему времени назрела необходимость формирования программы общегосударственного масштаба с учетом признания важной роли нанотехнологий на самом высоком государственном уровне.

Нанотехнологии могут стать мощным инструментом интеграции технологического комплекса России в международный рынок высоких технологий, надежного обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции.

Разработка и успешное освоение новых технологических возможностей потребует координации деятельности на государственном уровне всех участников нанотехнологических проектов, их всестороннего обеспечения (правового, ресурсного, финансово-экономического, кадрового), активной государственной поддержки отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Формирование и реализация активной государственной политики в области нанотехнологий позволит с высокой эффективностью использовать интеллектуальный и научно-технический потенциал страны в интересах развития науки, производства, здравоохранения, экологии, образования и обеспечения национальной безопасности России.

Использование возможностей нанотехнологий может уже в недалекой перспективе

принести значительный экономический эффект в машиностроении.

1. Увеличение ресурса режущих и обрабатывающих инструментов с помощью специальных покрытий и эмульсий.

2. Широкое внедрение нанотехнологических разработок в модернизацию парка высокоточных и прецизионных станков.

3. Созданные с использованием нанотехнологий методы измерений и позиционирования обеспечат адаптивное управление режущим инструментом на основе оптических измерений обрабатываемой поверхности детали и обрабатывающей поверхности инструмента непосредственно в ходе технологического процесса. Например, эти решения позволят снизить погрешность обработки с 40 мкм до сотен нанометров при стоимости того отечественного станка около 12 тыс. долл. И затратах на модернизацию не более 3 тыс. долл. Равные по точности серийные зарубежные станки стоят не менее 300-500 тыс. долл. При этом в модернизации нуждаются не менее 1 млн. активно используемых металлорежущих станков из примерно 2,5 млн. станков, находящихся на балансе российских предприятий.

4. В двигателестроении и автомобильной промышленности - за счет применения наноматериалов, более точной обработки и восстановления поверхностей можно добиться значительного (до 1,5-4 раз) увеличения ресурса работы автотранспорта, а также снижения втрое эксплуатационных затрат (в том числе расхода топлива), улучшения совокупности технических показателей (снижение шума, вредных выбросов), что позволяет успешнее конкурировать как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

5. В электронном и электротехническом машиностроении - расширение возможностей радиолокационных систем за счет применения фазированных антенных решеток с малощумящими СВЧ-транзисторами на основе наноструктур и волоконно-оптических линий связи с повышенной пропускной способностью с использованием фотоприемников и инжекционных лазеров на структурах с квантовыми точками; совершенствование тепловизионных обзорно-прицельных систем

на основе использования матричных фотоприемных устройств, изготовленных на базе нанотехнологий и отличающихся высоким температурным разрешением; создание мощных экономичных инжекционных лазеров на основе наноструктур для накачки твердотельных лазеров, используемых в фемтосекундных системах.

6. В энергетическом машиностроении - наноматериалы используются для совершенствования технологии создания топливных и конструкционных элементов, повышения эффективности существующего оборудования и развития альтернативной энергетики (адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур, увеличение в несколько раз эффективности солнечных батарей на основе процессов накопления и энергопереноса в неорганических и органических материалах с нанослоевой и кластерно-фрактальной структурой, разработка электродов с развитой поверхностью для водородной энергетики на основе трековых мембран). Кроме того, наноматериалы применяются в тепловыделяющих и нейтроно-поглощающих элементах ядерных реакторов; с помощью нанодатчиков обеспечивается охрана окружающей среды при хранении и переработке отработавшего ядерного топлива и мониторинга всех технологических процедур для управления качеством сборки и эксплуатации ядерных систем; наночастицы используются для разделения сред в производстве и переработке ядерного топлива.

Ключевые технологии и материалы всегда играли большую роль в истории цивилизации, выполняя не только узко производственные функции, но и социальные. Достаточно вспомнить, как сильно отличались каменный и бронзовый века, век пара и век электричества, атомной энергии и компьютеров. По мнению многих экспертов, XXI в. будет веком наноинженерии и нанотехнологий, которые и определят его лицо. Воздействие нанотехнологий на жизнь обещает иметь всеобщий характер, изменить экономику и затронуть все стороны быта, работы, социальных отношений. С помощью нанотехнологий мы сможем экономить время, получать больше благ за меньшую



цену, постоянно повышать уровень и качество жизни.

Главная надежда нанотехнологий связана с тем, что удастся двигаться не «сверху вниз», а «снизу вверх», т.е. выращивать наноструктуры, наноматериалы, нанообъекты. Нанотехнологии требуют больших объемов материалов и собирать их атом за атомом невозможно. Поэтому есть два основных ключа к нанотехнологиям:

1. Нужно организовать процессы так, чтобы наноструктуры собирались сами, образуя то, чего бы нам хотелось. Другими словами, это процессы самоорганизации, самоформирования и самосборки.

2. Решение многих проблем нанотехнологий требует совместной деятельности физиков, химиков, математиков, биологов – общего языка, понятий и моделей – междисциплинарного подхода. Кроме того, именно широкий междисциплинарный взгляд дает понимание того, чего в принципе возможно достичь, чего хотелось бы достичь и – главное – чего хотелось бы избежать. Здесь первостепенное значение приобретает проектирование будущего, в котором технологические, экономические, политические, военные и социальные проблемы оказываются значительно более взаимосвязаны, чем ныне. Это обусловлено совершенно новыми технологическими возможностями.

В самом деле, чтобы нанотехнологии не остались научной фантастикой, они должны найти свое место в экономике, включиться в существующие экономические циклы или создать новые. Это требует активного мониторинга и сопровождения на всех этапах от лаборатории до рынка. Это качественно новый уровень управления, позволяющий решать организационно-экономические проблемы невиданного уровня сложности.

#### Литературы:

1. Алферов Ж.И., Асеев А.Л., Гапонов С.В., Копьев П.С., Панов В.И., Полторацкий Э.А., Сибельдин Н.Н., Сурис Р.А. Наноматериалы и нанотехнологий // Микросистемная техника. - 2003. - №8. С. 3-13.
2. Артюхов И.В., Кеменов В.Н., Нестеров С.Б. Биомедицинские технологии. Обзор состояния и направления работы. Материалы 9-й научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника». - М.: МИЭМ, 2002, с. 244-247
3. Глинк Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. - М.: Мир, 2002. С. 58-73.
4. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. - М., 2006. С.32-45
5. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М., 2005. С. 51-55, 78-91.
6. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. - М., 2005. С. 10-17
7. Нанотехнологии. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Пер. с англ. - М.: Техносфера, 2005. С.7-20.
8. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития // Под ред. М.К.Роко, Р.С.Уильямса и П.Аливисатоса: Пер. с англ. - М.: Мир, 2002. С. 54-63.
9. Нестеров С.Б.. Нанотехнология. Современное состояние и перспективы. «Новые информационные технологии». Тезисы докладов XII Международной студенческой школы-семинара. - М.: МГИЭМ, 2004. С. 421. С. 21-22.
10. Основы политики Российской Федерации в области науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Поиск. - 2002. - № 16 (19 апреля).
11. Структура и свойства нанокристаллических материалов. Под ред. Г.Г. Талуда и Н.Н. Носковой. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. С. 123-140 .
12. Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М., 2006.
13. [http:// www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)
14. [http:// www.nanotube.ru](http://www.nanotube.ru)
15. [http:// www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)
16. [http:// www.nanoware.ru](http://www.nanoware.ru)
17. [http:// www.pronano.ru](http://www.pronano.ru)
18. <http://www.passion.ru>
19. <http://www.ifmachines.com>
20. <http://www.rosbaltvolga.ru>
21. [http:// www.chemworld.narod.ru](http://www.chemworld.narod.ru)
22. <http://www.navy.ru>
23. <http://c-stud.ru/>