

Нестеров В. Н., Карасёва Т. И., Бондарева Ю. О.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2008/12/38.html](http://www.gramota.net/materials/1/2008/12/38.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по данному вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2008. № 12 (19). С. 115-117. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2008/12/](http://www.gramota.net/materials/1/2008/12/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Нестеров В. Н., Карасёва Т. И., Бондарева Ю. О.  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

Нанотехнологии - это одна из перспективнейших отраслей науки, которая в будущем станет играть огромную роль в экономике, где главными станут самые современные технологические разработки. Нанотехнологии - это принципиально новое качество и долговечность товаров, энергосбережение и сохранение ресурсов, рост производительности труда, в конечном итоге - экономическая эффективность. "Развитие нанотехнологий - реальный шанс для создания в стране конкурентоспособного национального продукта, в конечном итоге - улучшение жизни людей. На создание госкорпорации нанотехнологий планируется выделить 130 миллиардов рублей. Общий объем направляемых средств с учетом всех реализуемых программ финансирования исследований по нанотехнологиям составит 180 миллиардов рублей.

Развитие нанотехнологий является важным фактором создания в России инновационной экономики и здесь необходимо использовать весь имеющийся опыт и традиции по запуску, управлению и сопровождению национальных научно-технических проектов.

В настоящее время предпринимаются попытки внедрения нанотехнологий в различные отрасли экономики. Анализ современных тенденций внедрения новых строительных технологий и материалов в экономически развитых странах мира позволяет утверждать, что основой динамичного внедрения в практику на ближайшие 10-20 лет станут материалы и технологии, полученные на основе достижений и разработок в области нанотехнологий. По прогнозам ученых-экономистов, к 2015 году стоимость нанотехнологической продукции в общемировом промышленном производстве должна составить 1 трлн. долларов. Внедрение нанотехнологий в области строительства сдерживается неготовностью специалистов-строителей воспринимать новый уровень развития строительных технологий и материалов. Неотъемлемым условием успешного внедрения нанотехнологий в строительстве является модернизация образовательного процесса в области строительства. Применение нанотехнологий в строительном производстве увеличивает потребность в высококвалифицированных видах труда. Междисциплинарный характер нанотехнологий и их динамичное развитие определяют новые подходы к образованию. Новые подходы соответственно требуют и новых образовательных стандартов, учебных программ и методик обучения. В настоящей работе рассматриваются общие теоретические перспективы внедрения нанотехнологий в строительстве и дается краткий обзор физических основ, необходимых для успешного использования нанотехнологий в строительстве [Синицын 2007: 51].

Само название «нанотехнологии» предполагает технологические операции над объектами наномасштабов. Из физики известно, что объекты наномасштабов являются квантовыми объектами. Поведение квантовых объектов достаточно полно описывается волновым уравнением Шредингера:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} \right) + U(x,y,z) \Psi$$

Здесь  $m$  - масса частицы,  $i$  - мнимая единица, а  $\Psi(x,y,z,t)$  - шрёдингеровская волновая комплексная функция (амплитуда волны де Бройля).

Основным понятием теории измерений является редукция волновой функции. Редукция волновой функции состоит в том, что если до измерения физической величины (скажем, координаты) система находится в суперпозиционном состоянии, характеризующемся распределением вероятностей для различных результатов измерения, то после измерения система оказывается лишь в одном из соответствующих чистых состояний. Причем это изменение не подчиняется уравнению Шредингера и происходит «мгновенно» [Ландау 1963: 702].

Таким образом, с точки зрения физики, создание той или иной нанотехнологии сводится к выявлению таких процедур измерения, при которых происходит желаемая редукция волновой функции квантовой системы. Так как в строительстве конечная цель - формирование объекта с улучшенными свойствами, то на конечную структуру квантовой системы накладывается условие обладанием ближним и дальним порядком, зависимости от требований к функциональным свойствам строительных элементов. Дальний и ближний порядок - наличие пространственной корреляции микроструктуры вещества либо в пределах всего макроскопического образца (дальний порядок), либо в области с конечным радиусом корреляции (ближний порядок). Состояние вещества, характеризующее наличие дальнего порядка, называют упорядоченной фазой, а состояние, в котором дальний порядок отсутствует, - неупорядоченной фазой. Фазовый переход из неупорядоченной фазы в упорядоченную может быть переходом первого или второго рода. Если упорядочение происходит в результате фазового перехода второго рода, то в неупорядоченной фазе есть ближний порядок,

причем при приближении к точке перехода корреляционный радиус  $R_c \rightarrow \infty$  [Верещагин 2001: 236], [Сивухин 2002: 560].

В зависимости от степени упорядоченности расположения атомов (или молекул) твердых веществ различают кристаллические и аморфные (стеклообразные) тела. Кристаллическими называют тела, в которых атомы (или молекулы) расположены в правильном геометрическом порядке, причем этот общий порядок соблюдается как для атомов, расположенных в непосредственной близости друг от друга (ближний поряд-

док), так и на значительном расстоянии (дальний порядок). Аморфными называют тела, в которых только ближайшие друг к другу атомы находятся в более или менее упорядоченном расположении; дальний же порядок отсутствует. Другое существенное различие между аморфными и кристаллическими веществами состоит в том, что кристаллические вещества при нагревании до определенной температуры (температуры плавления) плавятся, а аморфные размягчаются и постепенно переходят в жидкое состояние (для них не существует понятия температура плавления). Прочность аморфных веществ, как правило, ниже прочности кристаллических, поэтому для получения материалов повышенной прочности специально проводят кристаллизацию стекол, например, при получении ситаллов и шлакоситаллов - новых стеклокристаллических материалов [Епифанов 1977: 288].

Формирование упорядоченной наноструктуры протекает в существенно неравновесных системах.

Термодинамика неравновесных процессов, общая теория макроскопического описания неравновесных процессов. Она называется также неравновесной термодинамикой или термодинамикой необратимых процессов.

Классическая термодинамика изучает термодинамические (обратимые) процессы. Для неравновесных процессов она устанавливает лишь неравенства, которые указывают возможное направление этих процессов. Основная задача термодинамики неравновесных процессов - количественное изучение неравновесных процессов, в частности определение их скоростей в зависимости от внешних условий. В термодинамике неравновесных процессов системы, в которых протекают неравновесные процессы, рассматриваются как непрерывные среды, а их параметры состояния - как полевые переменные, то есть непрерывные функции координат и времени. Для макроскопического описания неравновесных процессов применяют следующий метод: систему представляют состоящей из элементарных объемов, которые всё же настолько велики, что содержат очень большое число молекул. Количественное описание неравновесных процессов при таком методе заключается в составлении уравнений баланса для элементарных объемов на основе законов сохранения массы, импульса и энергии, а также уравнения баланса энтропии и феноменологических уравнений рассматриваемых процессов. Методы термодинамики неравновесных процессов позволяют сформулировать для неравновесных процессов 1-е и 2-е начала термодинамики; получить из общих принципов, не рассматривая деталей механизма молекулярных взаимодействий, полную систему уравнений переноса, то есть уравнения гидродинамики, теплопроводности и диффузии для простых и сложных систем (с химическими реакциями между компонентами, с учётом электромагнитных сил и т. д.) [Кудинов 2003: 260].

Микро- и макроструктура материалов. Под структурой материала подразумевают взаимное расположение, форму и размер частиц материала, наличие пор, их размер и характер. Структура материала не в меньшей степени, чем состав, влияет на его свойства. Различают микроструктуру - строение материала, видимое только под микроскопом, и макроструктуру - строение, видимое невооруженным глазом или при небольшом увеличении. Поры - один из важнейших элементов структуры большинства строительных материалов - представляют собой воздушные ячейки в материале размером от долей микрона до сантиметра. Количество, размер и характер пор (замкнутые или сообщающиеся) во многом определяют свойства материала. Например, пористое стекло (пеностекло) в отличие от обычного непрозрачное, легкое (плавает в воде) и может распиливаться обычной пилой. Крупные поры размером более 5 мм и полости между частицами зернистых материалов (песка, гравия и др.) называют пустотами. Форма и размер частиц твердого вещества, из которого состоит материал, также влияют на свойства материала. Так, из хрупкого стекла можно получить тончайшие гибкие волокна, из которых изготавливают стеклянную ткань. В зависимости от формы и размера частиц и их строения различают: зернистые, волокнистые и слоистые материалы. По степени связности частиц материалы могут быть рыхлые, состоящие из отдельных зерен или волокон (песок, гравий, минеральная вата, распушенный асбест), и слитного строения, примером которых может служить бетон, керамика, асбестоцемент. Среди материалов слитного строения выделяют конгломераты и композиты. Конгломераты - материалы, представляющие собой плотно соединенные (обычно с помощью какого-нибудь цементирующего вещества) отдельные зерна. Типичным конгломератом является бетон и строительный раствор. В этих материалах зерна песка и крупного заполнителя (щебня или гравия) прочно соединены в единое целое при помощи вяжущего, например цемента. Конгломератом можно считать и керамику. Композиты - материалы с организованной структурой. В композитах различают компонент, образующий непрерывную фазу, называемую матрицей и играющую роль связующего, и второй компонент, дискретно распределенный в матрице, - упрочняющий компонент. В роли матрицы в строительных композитах используют полимерные и минеральные вяжущие; в роли упрочняющего компонента - волокнистые (стекловолокно, отрезки металлической проволоки, асбестовое волокно и т. п.) или листовые (бумага, древесный шпон, ткани) материалы. Матрица, с одной стороны, является формообразующей частью композиционного материала, а с другой стороны, матрица - связующее, которое «заставляет» дискретный компонент работать как единое целое, обеспечивая высокую прочность материала. В композиционных материалах достигается совокупность свойств, не являющаяся простой суммой свойств исходных составляющих. Примером искусственных композитов может служить стеклопластик, железобетон, асбестоцемент. Природным композиционным материалом можно считать, например, древесину и костную ткань животных. Волокнистые и слоистые материалы, у которых волокна (слои) расположены параллельно одно другому, обладают различными свойствами в разных направлениях. Это явление называется анизотропией, а материалы, обладающие такими свойствами, - анизотропными. Пример анизотропного материала волокнистого строения - древесина. Она набухает и дает усадку

поперек волокон в 10-15 раз больше, чем вдоль; прочность и теплопроводность древесины в разных направлениях различается более чем в 2 раза [Микульский 1996: 488], [Гусев 1975: 440].

Использование нанотехнологий позволяет создавать конструкционные композиционные материалы с уникальными прочностными характеристиками, новые виды арматурных сталей, уникальные нанопленки для покрытия светопрозрачных конструкций, самоочищающиеся и износостойкие покрытия, паропроницаемые и гибкие стекла.

Наиболее перспективным является модификация строительных материалов с помощью добавок нанотрубок, причем эффект добавок существенно зависит от физических свойств нанотрубок. Формирование физических свойств нанотрубок возможно путем внедрения в них различных молекул, в частности, соединения типа  $Gd@C_{60}@SWNT$  имеют структуру "Gd внутри  $C_{60}$  внутри однослойной нанотрубки. Проведенные предварительные опыты показали, что введение даже сравнительно небольшого количества нанотрубок в качестве нанопластов оказывает положительный эффект на механические характеристики композита [Демушкина 2006: 121], [Елецкий 1997: 167].

Нами проведено компьютерное моделирование процессов блуждания фуллеренов в полой нанотрубке. В результате моделирования получены графики кривых вероятностей положений фуллеренов для случая 11-ти фуллеренов.

Анализ результатов компьютерного моделирования показывает явление стохастического упорядочения фуллеренов в полой нанотрубке. Полые нанотрубки с упорядоченными фуллеренами обладают повышенной прочностью. Поэтому модификация бетонов с помощью этих трубок позволяет получать бетоны с уникальными прочностными свойствами [Пономарев 2000].

Следует также подчеркнуть, что руководство строительных вузов нашей страны должно крепко задуматься над тем, как грамотно в учебные программы отдельных факультетов ввести дополнительные спецкурсы по нанотехнологиям, технопаркам, особым экономическим зонам, точнее специальным экономическим районам, где наиболее разумно могла бы складываться сильная концентрация науки, занятой разработкой прорывных идей на основе нанотехнологий.

Грядущая научно-техническая революция XXI века обязывает научную общественность нашей страны активно и целенаправленно заниматься образовательной подготовкой молодых кадров уже сегодня, дабы во всеоружии ответить на ее вызовы завтра.

#### *Список использованной литературы*

1. **Нелинейные волны и локализов. состояния в углеродных нанотрубках и сегнетоэлектриках:** Научн.-иссл. защ. дисс. / Демушкина Е. В. - В.: ВолгГАСУ, 2007. - 121 с.
2. **Общий курс физики:** Уч. пособ. для физ. спец. вузов / Сивухин Д. В. - М.: Физматлит, 2002. - 4-е изд., стер. - Т. 1: Механика. - 560 с.
3. **Основы строительной физики:** Учебн. для вузов / Гусев Н. М. - М.: Стройиздат, 1975. - 440 с.
4. **Полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа:** Патент РФ на изобретение № 2196731. Реестр ФИПС от 21.09.2000. А. Н. Пономарев, В. А. Никитин.
5. **Прекрасный век для нано-тэк /** Синицын Н., Дубровская Л // Вестник строительного комплекса. - 2007. - № 8. - С. 51.
6. **Принципиальные вопросы квантовой механики /** Блохинцев Д. И. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1987. - 2-е изд., испр. - 149 с.
7. **Строительные материалы:** Учебн. для вузов / В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов и др. / Под ред. В. Г. Мик. - М.: АСВ, 1996. - 488 с.
8. **Теоретическая физика /** Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшин. - М.: Физматгиз, 1963. - Изд. 2-е., перераб. и дополн. - Т. 3: Квантовая механика. - 702 с.
9. **Техническая термодинамика:** Учебн. пособие для вузов / Кудинов В. А., Карташов Э. М. - М.: Высш. шк., 2003. - 3-е изд., испр. - 260 с.
10. **Углеродные нанотрубки //** Успехи физических наук. - М.: РТЦ «Курчатовский институт», 1997. - Т. 167. - № 9.
11. **Физика твердого тела:** Учебн. пособие для вузов / Верещагин И. К., Никитченко В. А. - М.: Высш. шк., 2001. - 2-е изд., испр. - 236 с.
12. **Физика твердого тела:** Учеб. пособие для вузов / Г. И. Епифанов. - М.: Высш. шк., 1977. - 2-е изд., перераб. и доп. - 288 с.

#### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА В КОМПЬЮТЕРНОМ ЗАЛЕ

*Нестеров В. Н., Рыжова Ю. Г., Русскова Е. С.  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

В связи с модернизацией современного высшего образования Балонского процесса выделяется две образовательные ступени: бакалавр и магистр.

**Бакалавр** (от лат. *baccalarius*, первоначальное значение – подвассал, от *baccalaria* – поместье) - академическая степень или квалификация, приобретаемая студентом после освоения базовой программы обучения. Впервые появилась в средневековых университетах Западной Европы.