



**Nanotechnology:** *The application of scientific knowledge to control and utilize matter in the nanoscale, where properties and phenomena related to size or structure can emerge (ISO/TS 80004-1:2010)*

**Нанотехнология:** *совокупность методов и приемов контролируемого воздействия на предметы, включающие нанобъекты и приобретающие на этой основе новые качества, обеспечивающие их интеграцию в системы верхнего масштабного уровня (на основе проекта ТК 441 «Нанотехнологии – термины и определения»)*

# ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Докладчик: в.н.с. НОЦ НТ МГСУ  
Смирнов В.А.

# Цель: направленное структурообразование строительных композитов

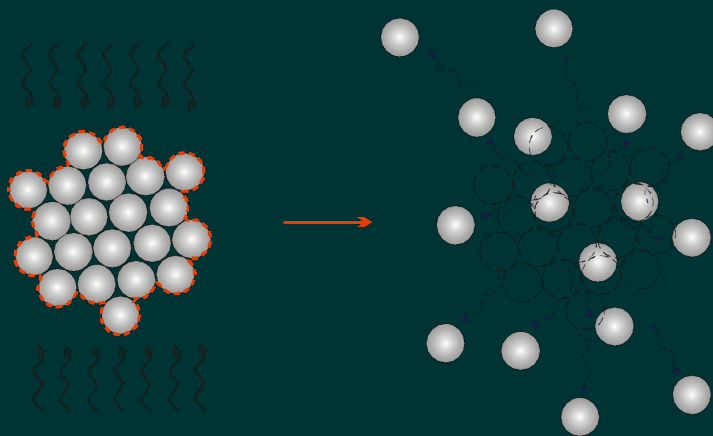
## Задачи:

- Определение рациональной методики наноструктурирования строительных материалов
- Выбор методологии технико-экономической оценки целесообразности внедрения нанотехнологии в строительство
- Оценка токсикологического влияния нанообъектов на здоровье человека

# Определение методики наноструктурирования строительных материалов

- Введение в материал синтезированных нанобъектов
- Синтез нанобъектов в материале в процессе его изготовления

# Введение синтезированных нанобъектов: проблемы гомогенизации



При скорости звука 1500...2000 м/с и  $d_0 = 10...100$  нм характеристическая частота превышает 10 ГГц. В области гиперзвука произойдет поглощение звуковой энергии непосредственно вблизи активатора.

1) Сила притяжения при  $d_0 \ll \lambda$

$$F_p = 4\pi \left( \frac{d_0}{2} \right)^2 E \left( \frac{k_\lambda}{2} d_0 \right)^4 \frac{1 + (1 - \delta)^2}{(2 + \delta)^2}$$

2) Сила притяжения Бьеркнеса  
 (при протяженных агрегатах)

$$F_B = 4\pi r \left( \frac{d_0}{2} \right)^4 \frac{g^2}{h^2} \cos \phi$$

3) Сила притяжения Бернулли

$$F_{Be} = \frac{3}{2} \pi r \left( \frac{d_0}{2} \right)^6 \frac{v^2}{h^2}$$

# Рациональная методика наноструктурирования строительных материалов

Приборная  
база

Структурные  
модели

Синтез нанообъектов в процессе  
структурообразования

Формирование наноразмерных  
слоёв на межфазных границах

# Пример реализации:

диаметрально противоположное использование одного явления

Наличие на поверхности силикатных материалов  
активных групп, способных к ионному обмену



Ионный обмен: формирование  
гидрофильной пленки  
(ноу-хау, <http://afgt.ru>)



Технология пеностекла: расширение  
сырьевой базы, повышение показателей  
эксплуатационных свойств (пониженная  
теплопроводность)



Ионный обмен: формирование  
гидрофобной пленки  
(ноу-хау, <http://nocnt.ru>)



Наполнитель для полимерных матриц:  
упрощение технологии, повышение  
показателей физико-механических  
свойств (повышенная прочность)

## Примеры реализации: зарубежный опыт

- Наноструктурные композиты на основе взаимопроникающих полимерных сеток
- Нанокompозиты на основе гибридной органосиликатной матрицы
- Полимерные нанокompозиты с низкой проницаемостью и стойкостью к воздействию агрессивных сред

# Оценка целесообразности внедрения

Коэффициент эффективности:

$$q_{ef} = \frac{\bar{\Phi}_k}{\bar{C}}$$

$\bar{C}$  – относительная стоимость технологии

$\bar{\Phi}_k$  – относительное изменение обобщённого показателя качества материала

		$\bar{F}$		
		↓	0	↑
$\bar{C}$	↓	⊖	⊕	⊕ ⊕
	0	⊖	0	⊕
	↑	⊖	⊖	⊕

Ключевые подзадачи:

- 1) Разработать методики расчета экономических показателей, учитывающих весь жизненный цикл работы материала.
- 2) Сформулировать обобщенный критерий качества материала.
- 3) Установить перечни и граничные значения свойств материала.



“Рекомендуется ... представлять сведения об использовании нанотехнологий или наноматериалов с подтверждением безопасности их использования для человека”

Постановление Главного санитарного врача РФ



## Экологические вопросы

Малые размеры, большая удельная поверхность и высокая химическая активность наночастиц – предпосылки как положительных («самоочищающиеся» и антибактериальные покрытия на основе нанообъектов), так и отрицательных их свойств.

Ключевые подзадачи:

- 1) Подобрать способы и режимы обработки, обеспечивающие инкапсуляцию наночастиц в объеме среды-носителя и строительного материала
- 2) Подобрать вспомогательные вещества, обеспечивающие агрегативную стабильность коллоидных систем и удаляющиеся для реализации потенциала наночастиц

# Влияние ПАВ

Энергетический потенциал:

$$E = \pi\sigma r^2 + kT(C_r - C_\infty)$$

$$C_r = C_\infty \exp\left(\frac{2\sigma}{r\Delta V k T}\right)$$

$\sigma$  – поверхностное натяжение;

$r$  – радиус наночастицы;

$k$  – постоянная Больцмана;

$T$  – температура;

$C_\infty$  – концентрация вакансий в макротеле;

$C_r$  – концентрация вакансий в наночастице

$\Delta V$  – изменение объема кристалла при замене атома на вакансию

# Выводы



- Формируется нормативная база, *способствующая развитию нанотехнологии в строительстве (материаловедении)*.
- Введение наночастиц может породить *экологические проблемы*; использование активных способов гомогенизации (ультразвуковая обработка) нанодисперсных систем *не полностью обеспечивает требуемую степень однородности смесей*; применение *вспомогательных веществ может блокировать* активные центры нанообъектов, что нивелирует эффекты их введения.
- Стратегия реализации современной нанотехнологии в строительстве должна базироваться на использовании запасённой в веществе *химической энергии*: перспективны *химические методы синтеза* нанообъектов в структуре материала.
- Производство строительных материалов должно проводиться на базе *традиционных объёмных технологий*, а способы управления структурообразованием должны быть реализованы без существенного изменения технологической линии.



Спасибо за внимание!