

# ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ НОНОМАТЕРИАЛОВ. НАНОЦЕМЕНТ

Терешкова М.

Лазарюк А. С.

ДС 5

# ВВЕДЕНИЕ

- В настоящее время нанотехнологии (НТ) стали мощным импульсом развития научно-технического прогресса во всем мире.
- Уже сейчас ученые создали новые технологии, а промышленное производство приступило к производству материалов с недоступными до сих пор свойствами. Предприятиям стройиндустрии удалось добиться серьезных успехов в изготовлении новых строительных материалов на основе портландцемента: бетона, железобетона, пенобетона, сухих строительных смесей.

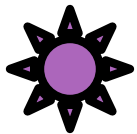
# НАНОЦЕМЕНТ

условное обозначение при маркировке -  
НАНОЦЕМЕНТ

- **Наноцемент общестроительный** - цемент, изготовленный совместным измельчением портландцементного клинкера или портландцемента и органических модификаторов, при котором клинкерные частички заключаются в оболочки - капсулы видоизмененного модификатора толщиной в несколько десятков нм, с добавлением силикатных минеральных добавок, приближенных по гранулометрии к зернам цемента, а также регуляторов схватывания в виде измельченного совместно с цементом камня гипсового или гипсоангидритового (ПНСТ)

Класс наноцемента общестроительного определяется по прочности на сжатие в возрасте 28 сут и обозначается: К 32,5; К 42,5; К 52,5; К 62,5; К 72,5 и К 82,5.

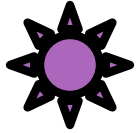
По вещественному составу, приведенному в табл.1, наноцемент общестроительный подразделяют на шесть типов, обозначаемых по содержанию клинкера (мас.%) в основной части:



НАНОЦЕМЕНТ 90;



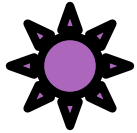
НАНОЦЕМЕНТ 75;



НАНОЦЕМЕНТ 55;



НАНОЦЕМЕНТ 45;



НАНОЦЕМЕНТ 35;



НАНОЦЕМЕНТ 30;

Обозначение наноцемента в документах должно включать:

1

сокращенное наименование наноцемента  
общестроительного по табл.1

2

класс по прочности на сжатие

3

указание предстандарта

Пример условного обозначения наноцемента, содержащего клинкерную часть - 55 мас. % и класса прочности на сжатие К62,5:

**НАНОЦЕМЕНТ 55 К  
62,5 ПНСТ**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ (ПНСТ)

**Вещественный состав наноцемента общестроительного**

Классы прочности на сжатие	Сокращенное наименование (тип наноцемента)	Основные компоненты, мас. %	
		Портландцементный клинкер	Минеральные силикатные добавки: шлаки (Ш), золы-унос (З), пески кварцевые (П), отходы камнеобработки (ОК)
К82,5– К92,5	НАНОЦЕМЕНТ 90	90 – 98	2 – 10
К72,5– К82,5	НАНОЦЕМЕНТ 75	75 – 88	12 – 25
К62,5– К72,5	НАНОЦЕМЕНТ 55	55 – 74	26 – 45
К52,5– К62,5	НАНОЦЕМЕНТ 45	45 – 54	46 – 55
К42,5– К52,5	НАНОЦЕМЕНТ 35	35 – 44	56 – 65
К32,5– К42,5	НАНОЦЕМЕНТ 30	30 – 34	66 – 70

Содержание органического модификатора в наноцементе составляет от 0,8 до 2,0 % массы клинкерной части.

# Физико-механические свойства наноцемента общестроительного

Класс прочности на сжатие наноцемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объёма (расширение), мм, не более
	2 сут не менее	7 сут не менее	28 сут			
			не менее	не более		
К 30	10	20	30	50	75	10
К 40	25	40	45	60	60	
К 50	30	50	55	70	45	
К 60	35	55	65	80		
К 70	40	60	70	90		
К 80	45	65	80	100		

# Химические показатели наноцемента общестроительного

Наименование показателя	Тип наноцемента	Класс прочности цемента	Значение показателя
Потери массы при прокаливании, не более	Все типы	-	5,0
Содержание оксида серы (VI) $SO_3$ , не более	НАНОЦЕМЕНТЫ 90,75	K80 – K70	5,0
	НАНОЦЕМЕНТ 55	K70 – K60	4,5
	НАНОЦЕМЕНТ 45	K60 – K50	4,0
	НАНОЦЕМЕНТЫ 35,30	K50 – K30	3,5
Содержание хлорид-иона $Cl^-$ , не более	Все типы	-	0,1
Содержание свободного модификатора ( $M_{своб}$ )	Все типы	-	Не допускается




Введение в наноцементы специальных добавок для регулирования отдельных строительно-технических свойств, а также технологических добавок для улучшения процесса помола и (или) свойств цементно-водных суспензий (дисперсий) допускается после экспериментальной проверки, проводимой предприятием-изготовителем совместно со специализированными научно-исследовательскими институтами, центрами и организациями в установленном порядке, и должно быть включено с обоснованием в технологический регламент производства наноцементов.



# Маркировка




Маркировку наноцемента производят по ГОСТ 30515. При этом маркировка должна быть отчетливой и содержать:




- условное обозначение наноцемента и (или) его полное наименование в соответствии с ПНСТ;



- класс прочности (марку) цемента;



- среднюю массу нетто наноцемента в упаковке или массу нетто наноцемента в транспортном средстве;



- указание на каждой упаковке и товаросопроводительной документации специального товарного знака патентовладельца - ЗАО «ИМЭТстрой», г.Москва.

## Пример маркировки:

Наименование цемента - НАНОЦЕМЕНТ  
ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫЙ

Класс прочности - К 32,5

Обозначение нормативного документа - ПНСТ

Количество:

- тн (кг) - 1 (1000)

- мешков (масса – 50 кг), шт - 20

Завод – изготовитель -

Дата изготовления -

Срок годности - 1 год

Товарный знак патентовладельца

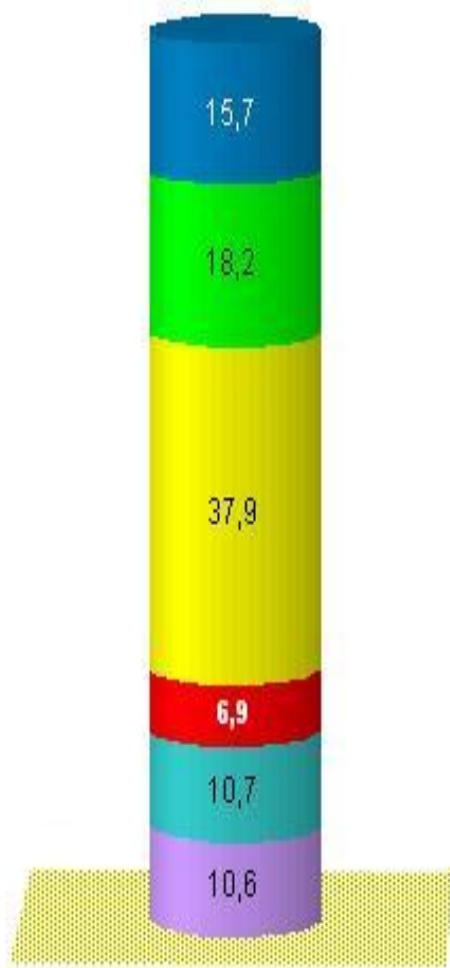


## Методика определения наноболочки в наноцементе общестроительном

Наносоставляющие компоненты в составе наноцемента общестроительного определяют с помощью просвечивающего электронного микроскопа марки JEOL JEM-2100.

Готовят пробы наноцемента с удельной поверхностью, выбранной в пределах от 400 м<sup>2</sup>/кг до 700 м<sup>2</sup>/кг. Затем из указанных проб приготавливают суспензии, которые наносят на медную сетку с аморфной углеродной пленкой. Электронно-микроскопическому исследованию подвергается сухой остаток суспензии. В процессе исследования определяется наличие и толщина пленки на частицах наноцемента общестроительного.

## Экспорт



Машины, оборудование и транспортные средства

Продукция химической промышленности, каучук (включая химические волокна и нити)

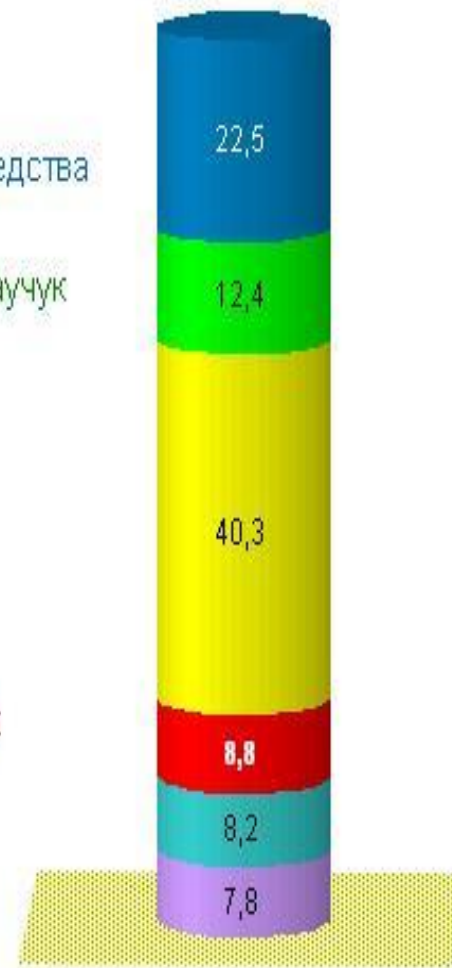
Минеральные продукты

Черные, цветные металлы и изделия из них

Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье

Прочие

## Импорт



22,5

12,4

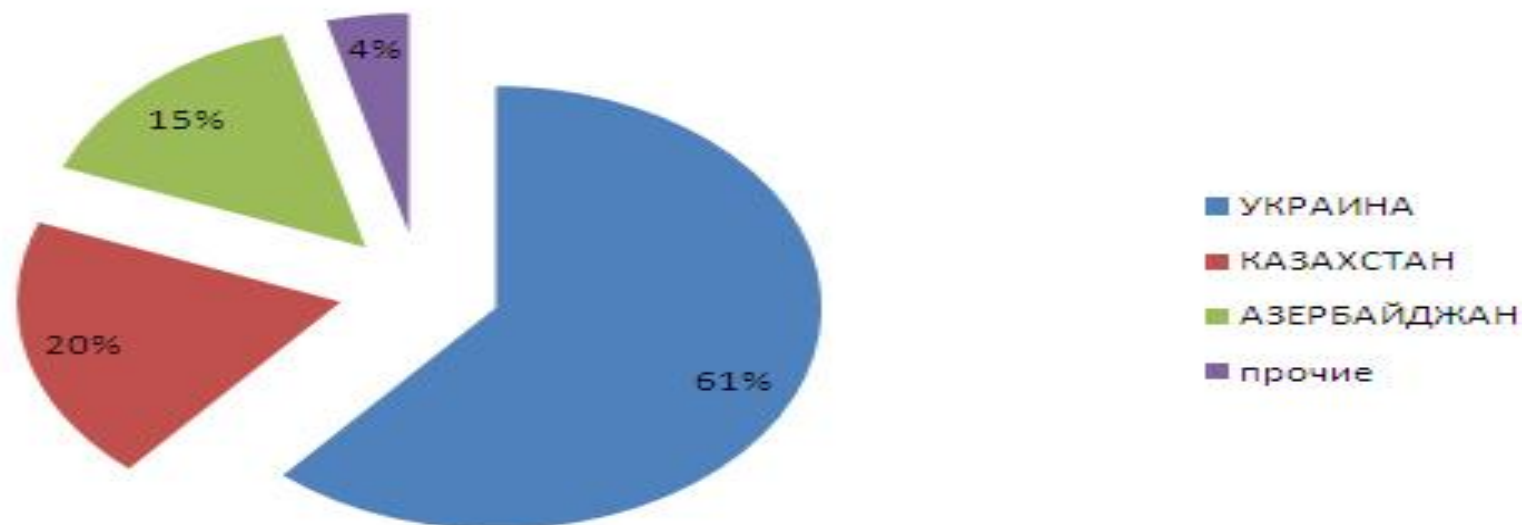
40,3

8,8

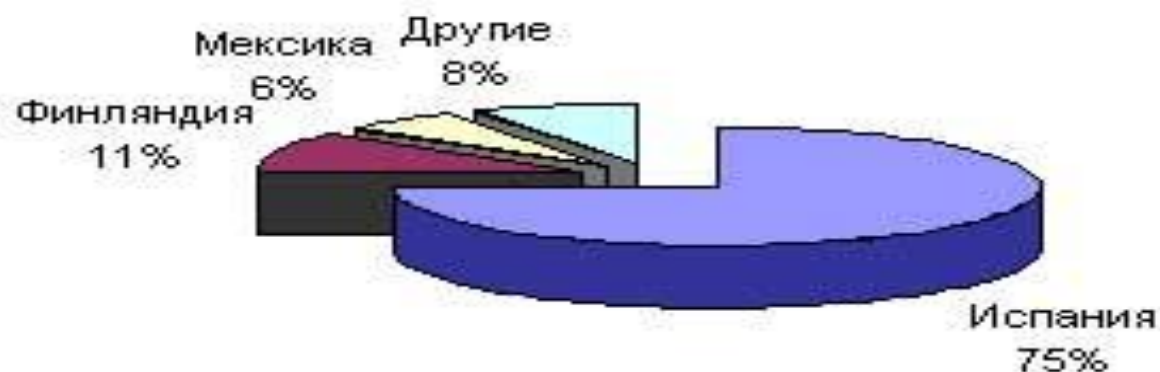
8,2

7,8

## Экспорт цемента за 5 первых месяца 2013 года

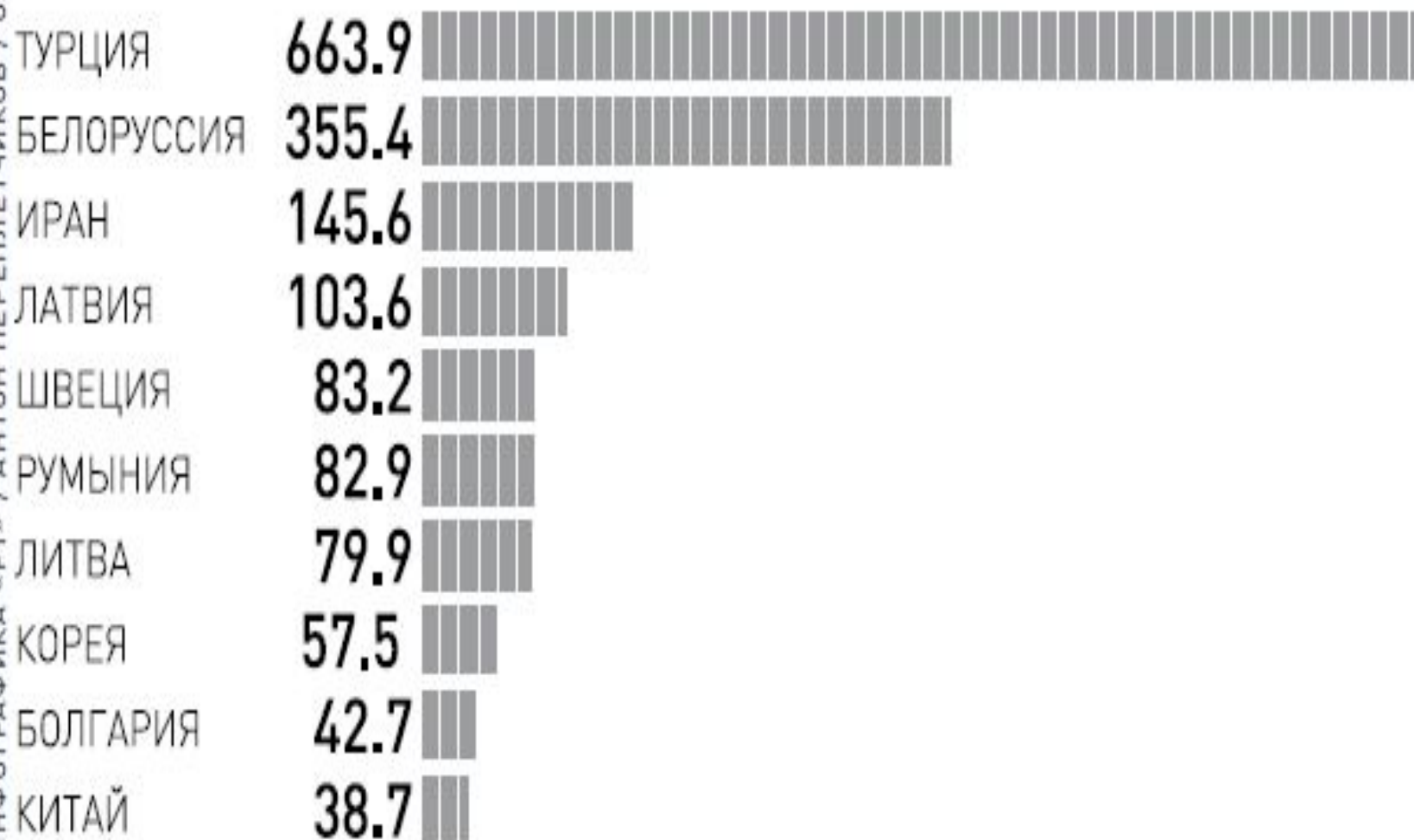


## Основные направления экспорта цемента в дальнее зарубежье

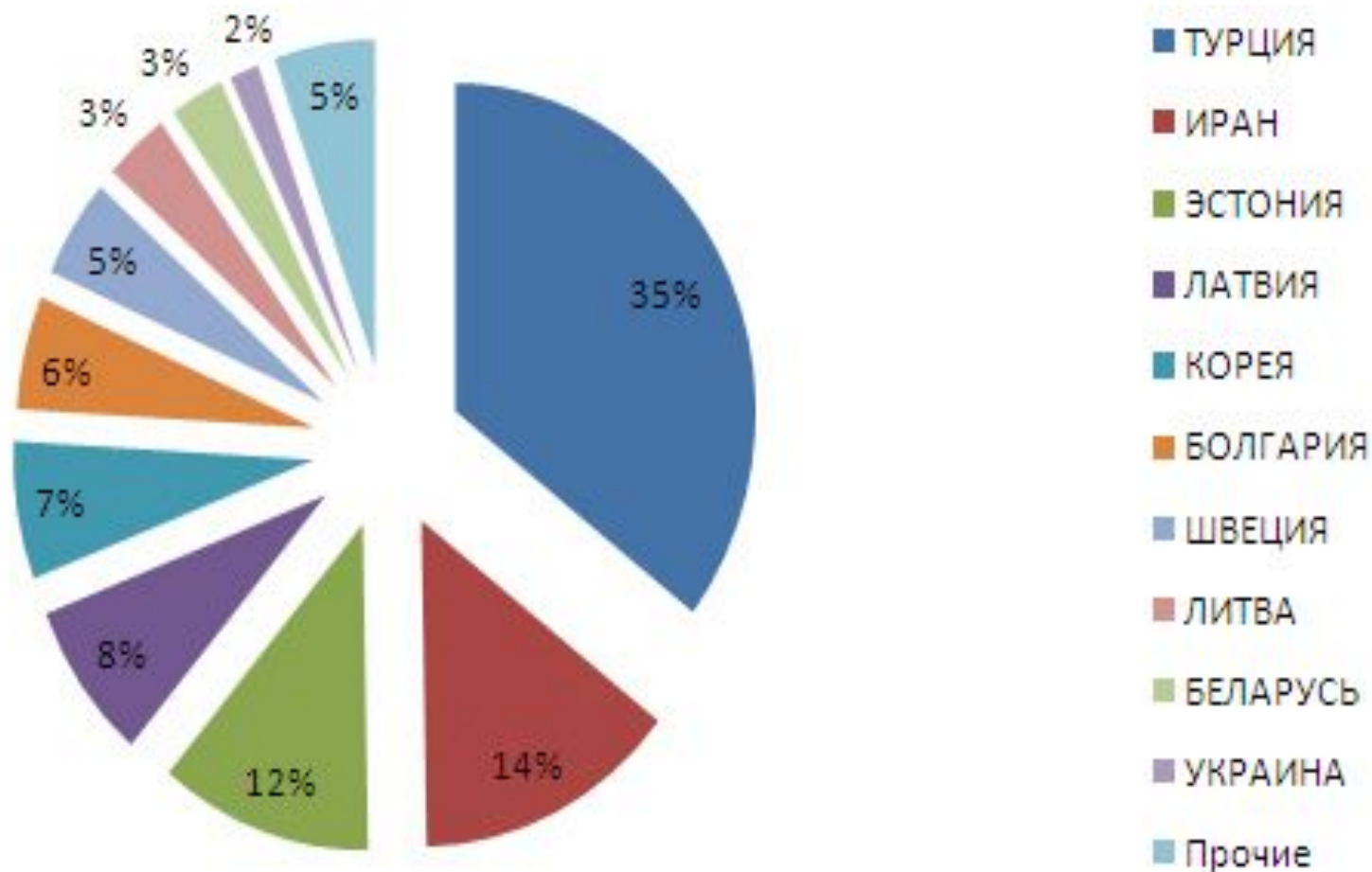


# ОСНОВНЫЕ СТРАНЫ-ИМПОРТЕРЫ ЦЕМЕНТА В РОССИЮ (ЗА ЯНВАРЬ-ИЮНЬ 2012 Г), ТЫС. ТОНН

Источник: ФТС России



## Импорт цемента за 4 первых месяца 2013 года





# ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЦЕМЕНТА

Используется для:

**для получения  
товарных бетонов**

**для получения  
товарных бетонов**

**для производства  
сборных конструкций  
из высокопрочного  
бетона напорных  
железобетонных труб**

**для изготовления на  
стендах  
густоармированных  
конструкций (типа ферм,  
балок, колонн, свай)**

## Плюсы и перспективы:

*Производство наноцементов позволит пересмотреть стратегию развития мировой цементной промышленности и уже сегодня получить дополнительно более 2 млрд.т. цемента :*

- без строительства заводов по обжигу цементного клинкера;
- без сжигания топлива и загрязнения атмосферы тепловыми, пылевыми выбросами и  $\text{CO}_2$ ;
- превратить в высококачественный цемент огромные объемы скопившихся техногенных отходов - шлаков, зол, переработки камня, ухудшающих экологию планеты и неиспользуемые, непригодные для строительства, мелкозернистые пески пустынь, песчаных карьеров;
- повысить качество и долговечность бетонов, снизить энергозатраты на их производство.

# НАНОБЕТОН

Нанобетонами могут являться и быть названы бетоны совершенно различных классов и марок. При этом разработка рецептур и технологий, использующих этот новый подход, находится в настоящее время на начальной стадии.

сверхлегкий



особо прочный

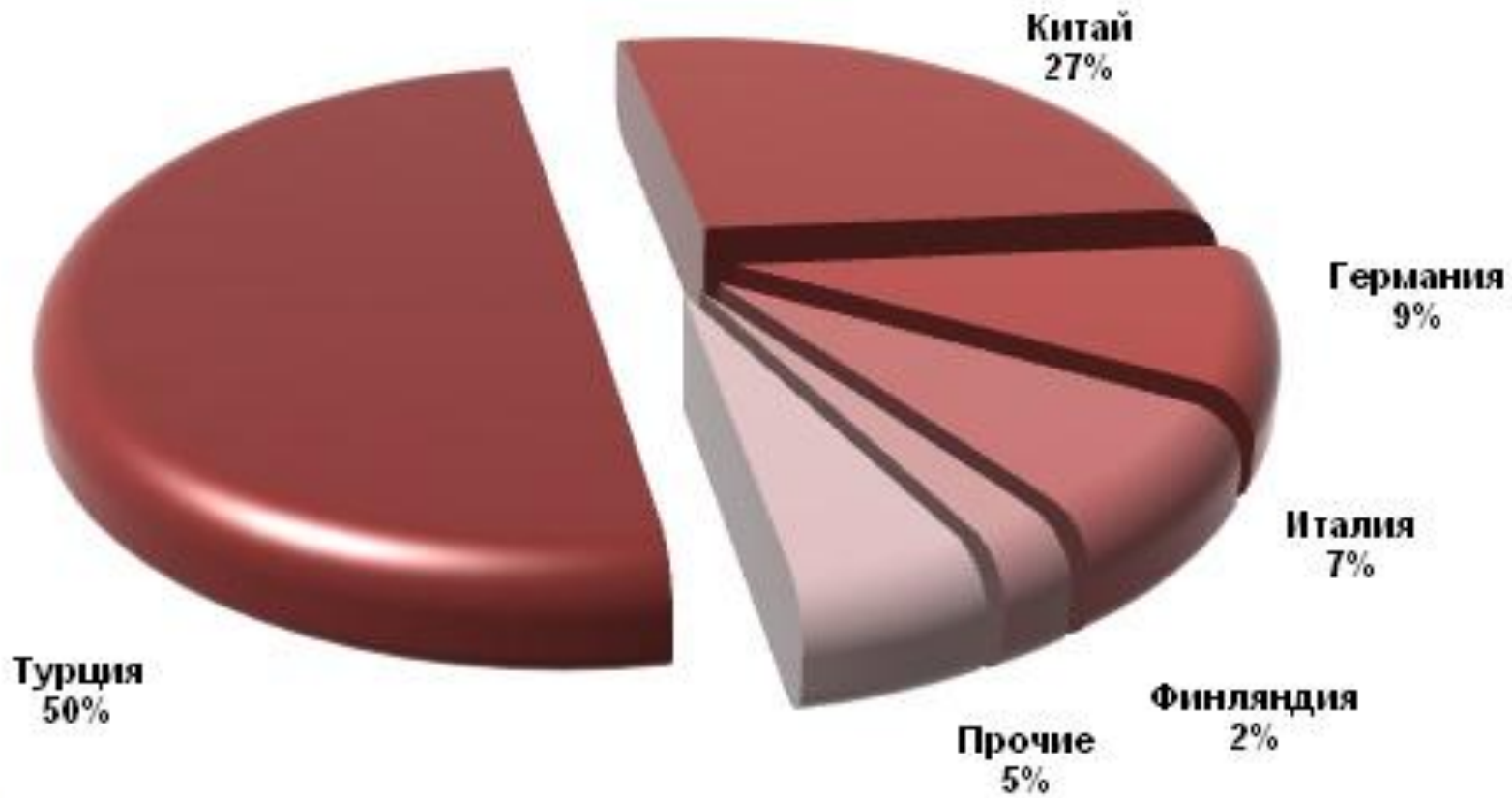


стойкий к  
перепадам  
температур



Класс	Плотность	Прочность на сжатие, МПа	Дополнительные характеристики	Уровень цены долл./м3
Легкие нанобетоны	0,4-0,9 1,0	2,0-3,5 30	Стойкость к трещинообразованию, огнеупорность (до 800град.)	100 450
Нанобетоны средней плотности	1,5-1,8 2,3 2,1 2,1	30 50 60 90	Устойчивость к трещинообразованию	60 65 80 130
Плотные нанобетоны	2,5	150	Пуленепробиваемость, огнеупорность	700

# ИМПОРТ БЕТОНОВ



Специальные добавки — так называемые **наноинициаторы** — существенно улучшают его физические качества.



Механическая прочность нанобетона на 150% выше прочности обычного



морозостойкость выше на 50%

вероятность появления трещин в три раза ниже



# важнейшие технологические особенности из готовления нанобетонов

Первая:



в качестве армирующего материала используются промышленные отходы базальтовой фибры, производимой из расплава базальтовых пород (ГОСТ 4640) и измельченной на специальной лепестковой мельнице.

Показатель	Норма	Метод испытания
Средний диаметр волокна, мкм	8-10	ГОСТ 17177
Средняя длина волокна, мкм	100-500	ТУ33.121078
Содержание неволокнистых включений размером более 0,25 мм, % по массе, не более	10	ГОСТ 4640, П.7.4
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	800	ГОСТ 17177
Содержание органических веществ, % по массе, не более	2	ГОСТ 17177

**Вторая:**



Перед упаковыванием измельченной базальтовой фибры в бумажные мешки в ее состав вводят натр едкий 0,05-0,1%, воду 0,3-0,5% и фуллероидный материал, получивший название "Астрален"

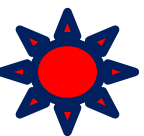
Углерод %,	не менее 99,99
Удельный вес (насыпной), г/см <sup>3</sup>	0,6-0,8
Размер частиц, нм	80-150
Размер пор, нм	20-60

В зависимости от того, какой нанобетон необходимо изготовить, концентрация астралена варьируется от 0,0001 до 0,01% от массы фибры





Нанобетон легко выдерживает температуру  $800^{\circ}\text{C}$  — почти вдвое больше, чем обычный.

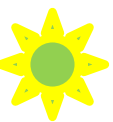


облицовочные плитки из него содержат тончайшие нанотрубки



При воздействии света на них выделяется атомарный кислород, уничтожающий болезнетворные микробы, так что нанобетон еще и бактерициден.

Для получения новых свойств в состав бетона добавляют наночастицы



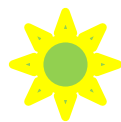
оксида кремния



углеродные нанотрубки

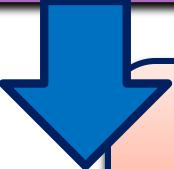


диоксида титана и поликарбоксилата




фуллерены


Между тем, под термином «нанобетон» обычно подразумевается не один и тот же материал с постоянным составом, а несколько разновидностей специализированных бетонов. В их число могут входить:



**1. Легкие нанопенобетоны.** Они были разработаны, прежде всего, для нужд индивидуального строительства. Также их можно использовать для возведения перегородок в различных помещениях.



**2. Нанобетоны средней плотности.** Именно о них принято говорить, когда поднимается вопрос о повышенной прочности. Область применения - строительство мостов, дорожных и аэродромных покрытий и так далее.

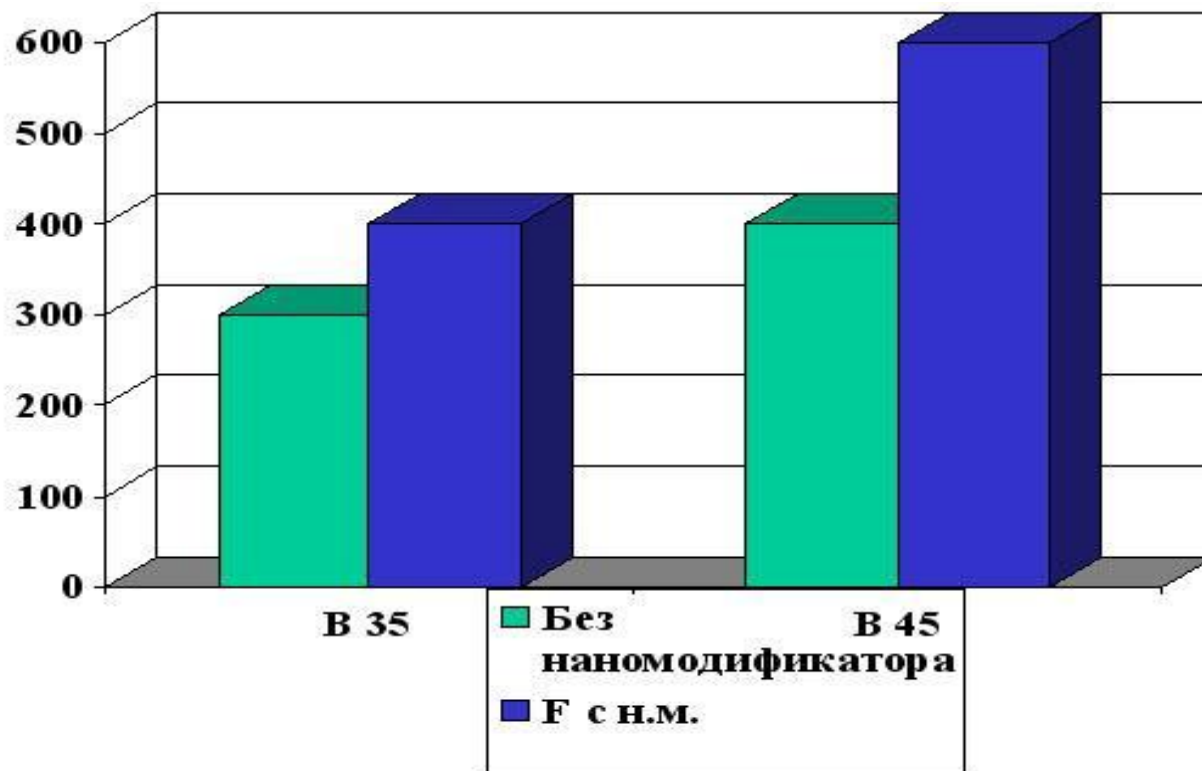


**3. Нанобетоны высокой и сверхвысокой прочности.** Они идут в ход при обустройстве лифтовых шахт, изготовлении балок, ферм и прочих несущих конструкций в жилищном и промышленном строительстве.

В России развивается производство бетона с добавлением базальтового фиброволокна. Сверху на такое волокно наносятся углеродные нанокластеры.



Как раз такой нанобетон был использован при реконструкции моста в Кимрах.





№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей наноцементов		
		СМС-90 (содержание клинкера – 90% масс)	СМС-75 (содержание клинкера – 75% масс)	СМС-50 (содержание клинкера – 50% масс)
1	Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	78.4 (800)	58.8 (600)	51,6 (500)
2	Нормальная плотность теста, %, не более	20,0	22	24
3	Сроки схватывания от начала затворения: начало, мин., не ранее /конец, час, не позднее	45,0 5,0	60,0 7,0	70,0 8,0
4	Удельная поверхность м <sup>2</sup> /кг, не менее	450,0	450,0	400,0
5	Равномерность изменения объема	Выдерживает		

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

	<b>Наноцемент</b>	<b>Цемент</b>
<b>Определения</b>	Наноцемент общестроительный - цемент, изготовленный совместным измельчением портландцементного клинкера или портландцемента и органических модификаторов, при котором клинкерные частички заключаются в оболочки - капсулы видоизмененного модификатора толщиной в несколько десятков нм, с добавлением силикатных минеральных добавок, приближенных по гранулометрии к зернам цемента, а также регуляторов схватывания в виде измельченного совместно с цементом камня гипсового или гипсоангидритового (ПНСТ)	Порошкообразный строительный вяжущий материал, который обладает гидравлическими свойствами, состоит из клинкера и, при необходимости, гипса или его производных и добавок ( <b>ГОСТ 30515-97 «Цементы. Общие технические условия»</b> ).
<b>Прочность при сжатии и (или) изгибе, Мпа</b>	От 10 до 100 при начале схватывания после 45 мин	От 10—60 Мпа при начале схватывания после 45 мин
<b>Вещественный состав</b>	Содержание оксида серы Содержание хлорид-иона Содержание свободного модификатора Получают из полимерного модификатора, портландцементного клинкера и различных минеральных добавок. В качестве клинкерной добавки используют натуральные пуццолановые породы, кварцевый мелкий песок, шлак, золу и прочие отходы.	Цемент получают тонким измельчением клинкера и гипса. Вводят добавки: гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ для регулирования сроков схватывания, до 15 % активных минеральных добавок (пиритные огарки, колошниковую пыль, бокситы, пески, опоки, трепелы) для улучшения некоторых свойств и снижения стоимости цемента.

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

	Нанобетон	Бетон
Определение	Общий признак: нанобетон обладает теми, или иными преимуществами благодаря своей особой структуре, задаваемой на наноуровне.	Искусственный каменный материал,, полученный в результате затвердевания бетонной смеси , состоящей из цемента, воды, заполнителей (песок, щебень, гравий, гипс и др.) добавок(ПАВ, пластификаторы и др.
Прочность на сжатие	100-150 МПа	10-80МПа
Предел прочности при изгибе	6-12 МПа	до 6 МПа
Морозостойкость	До 800 F	До F500
Водонепроницаемость	До 20 W	
Масса		

# ВЫВОД

В ходе написания научно-исследовательской работы мы сделали следующие выводы:

- Нанобетон и наноцемент являются новым материалом и он значительно отличается по с технологии производства, по вещественному составу и по другим основным характеристикам от обычного бетона и цемента.
- отнесение данных материалов в группу «Прочие» является нецелесообразным.
- Необходимо детализировать товарную группу 68 «Изделия из камня, гипса, цемента, асбеста, слюды или аналогичных материалов» ТН ВЭД ТС.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. ГОСТ 30515-97 «Цементы. Общие технические условия»
- 2. Материалы сайта «Роснано»  
<http://www.rusnanonet.ru>
- 3. Строительный портал  
<http://www.klag.ru>
- 4. Российская национальная нанотехнологическая сеть  
<http://www.rusnanonet.ru>