



БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

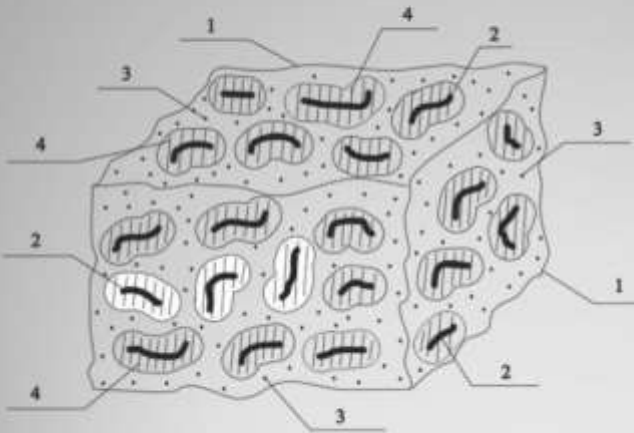
# Полиармированный фибробетон для ремонта и устройства промышленных бесшовных полов

*Приятное в бетоне то, что он выглядит  
незавершенным*

©Заха Хадид

# Фибробетон

## Структура фибробетона

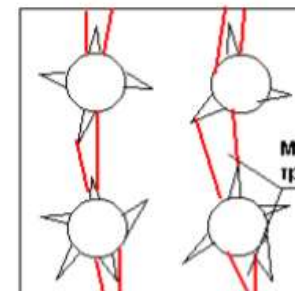
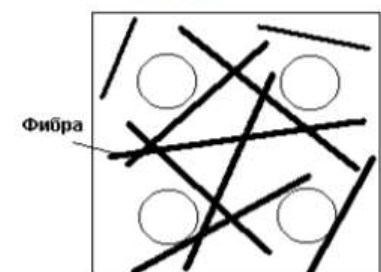


- 1 – граница макроскопической ячейки;
- 2 – фибра;
- 3 – матрица бетона;
- 4 – зона контактного взаимодействия армирующих волокон бетоном.

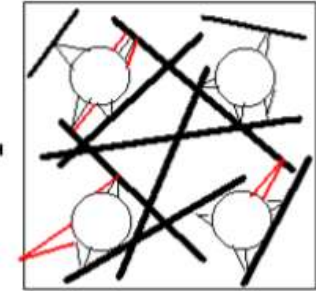
Бетон



Фибробетон



Магистральная трещина



# Классификация волокон

1. По происхождению:
  - природные (базальтовые, асбестовые и др.)
  - искусственные (полиамидные, вискозные и др.)
2. По основному материалу фибры:
  - металлические волокна (стальные)
  - неметаллические (синтетические, минеральные)
3. По типу жесткости:
  - высокомодульные (стальные, стеклянные, базальтовые, углеродные)
  - низкомоульные волокна (найлоновые, полиэтиленовые, полипропиленовые).
4. По форме:
  - круглые гладкие
  - с периодическими вмятинами, с отгибами
  - с квадратной, прямоугольной и др. формами поперечного сечения.
5. Ориентация волокон армирования
  - направленная
  - плоско-произвольная
  - объёмно-произвольная
  - стесненно-произвольная
6. По распределению волокон и их сочетанию:
  - зонное армирование
  - комбинированное (непрерывными и короткими волокнами),
  - сочетание низко- и высокомоульных волокон,
  - а также волокон разной длины и разных диаметров

# Типы фибр по основному материалу:



Полипропиленовая



Стальная с отгибами



Базальтовая



Металлическая  
периодического  
профиля



Композитная  
базальтовая  
макрофибра



Стекловолоконная



# Преимущества фибробетона

- увеличенный срок эксплуатации;
- улучшенное сцепление покрытия (как напольного, так и дорожного);
- увеличение сопротивления изгибным моментам и динамическим нагрузкам;
- возможность применения в качестве ремонтного состава - асфальтобетонных покрытий;
- благодаря применению современных модификаторов возможность к пуску транспортного потока уже через 4-5 часов после ремонта;
- устойчивость к экстремальным погодным условиям (высокие и низкие температуры);
- сопротивляемость истираемости;
- устойчивость к образованию усадочных трещин.

# Фибробетон

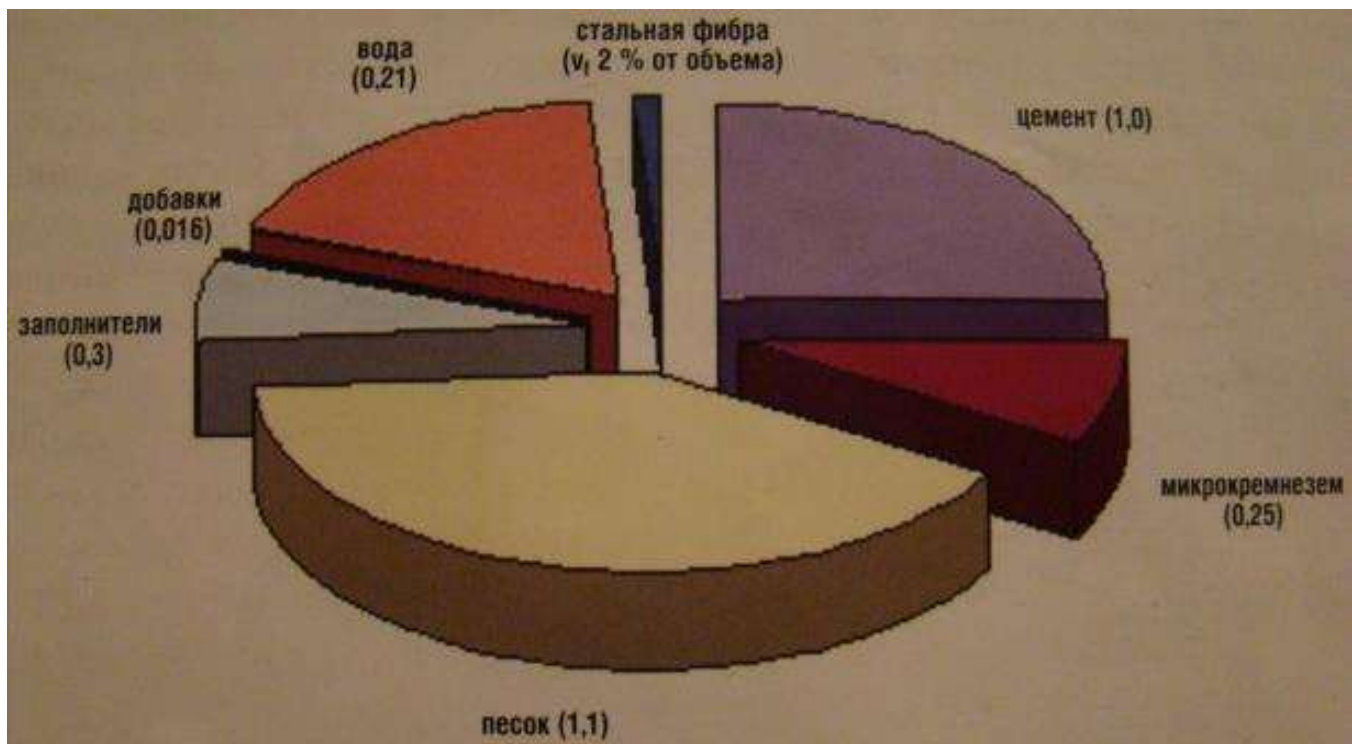


Рисунок – Состав модифицированного фибробетона

# Фибробетон

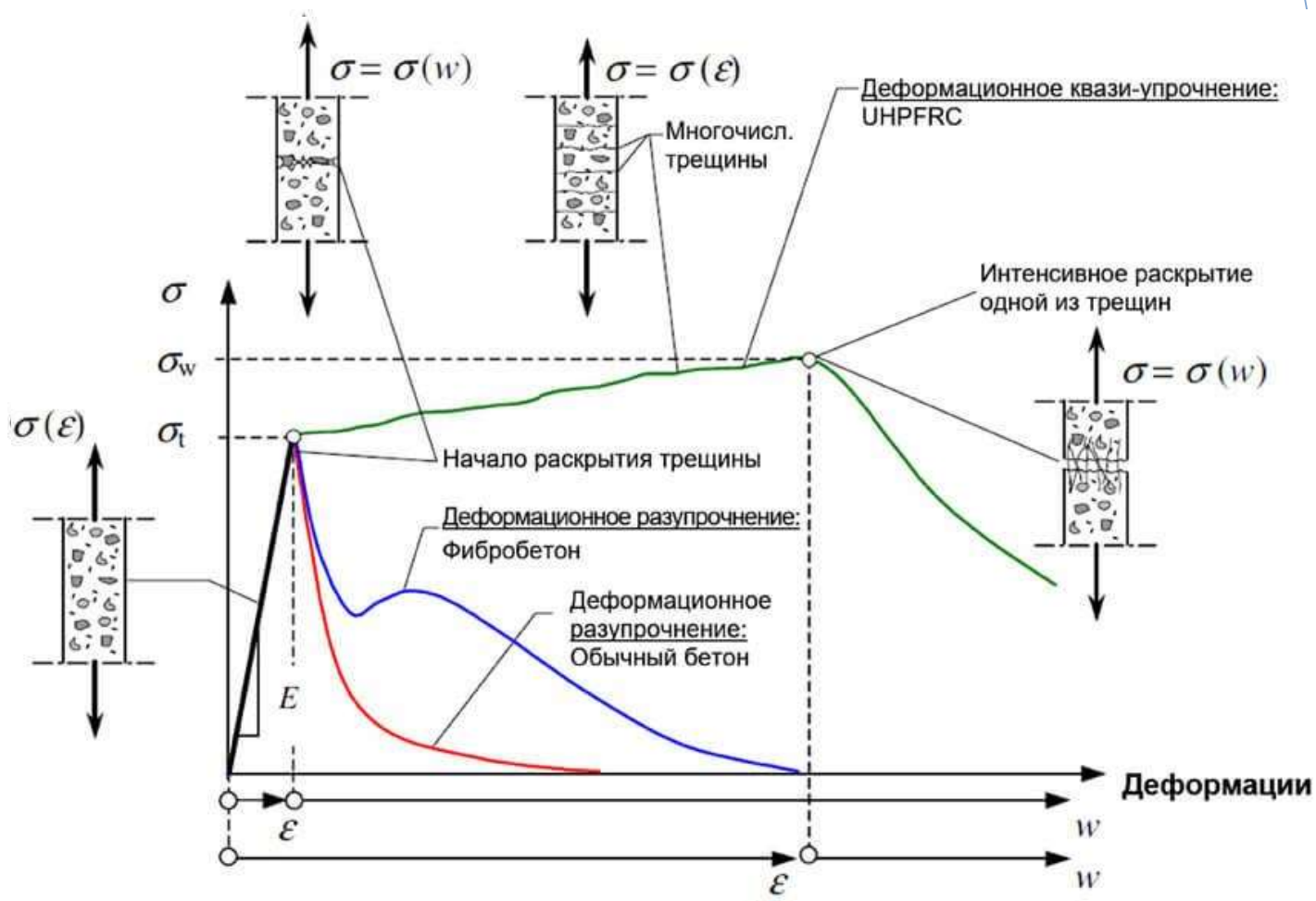


Рисунок – Схематические зависимости «напряжения – деформации» для бетона без армирования и фибробетона при одноосном растяжении

## Применение расширяющегося цемента (РЦ) для компенсации усадки

Более 50 видов РЦ, в основном на основе ПЦ, состав ПЦ клинкер от 60 до 94 % и РД (гипс и алюминатный или сульфоферритный компонент. Сульфоферритный клинкер вводится в состав РЦ в количестве 2 - 10 %).

В зависимости от вещественного состава и рецептуры ASTM C-845 классифицирует следующие типы РЦ:

- РЦ типа К (цемент А. Клейна, известные названия - **expansive cement, type K**), представляет смесь портландцемента и расширяющегося компонента, получаемого совместным обжигом при температуре 1380°C южноамериканского боксита, гипса и карбоната кальция в примерном соотношении по массе 20:30:50, формула продукта  $C_4A_3S$ . Кроме того, в состав входит гипсовый камень и гидроксид кальция (свободная известь). Количество расширяющегося компонента в цементе назначается для компенсации усадки в бетоне;
- РЦ типа М (В.В. Михайлова, известные названия - **expansive cement, type M**), представляет смесь ПЦ или ПЦ клинкера, глиноземистого цемента и гипсового камня. Возможно дополнительно введение некоторого количества гидроксида кальция (свободной извести), а также замена глиноземистого цемента алюмосодержащим компонентом (алюминатные шлаки). РЦ типа М относится к напрягающим;
- РЦ типа S (**expansive cement, type S**) - ПЦ на основе высокоалюминатного ПЦ клинкера с повышенным содержанием гипсового камня.



# Фибробетон на основе расширяющегося цемента

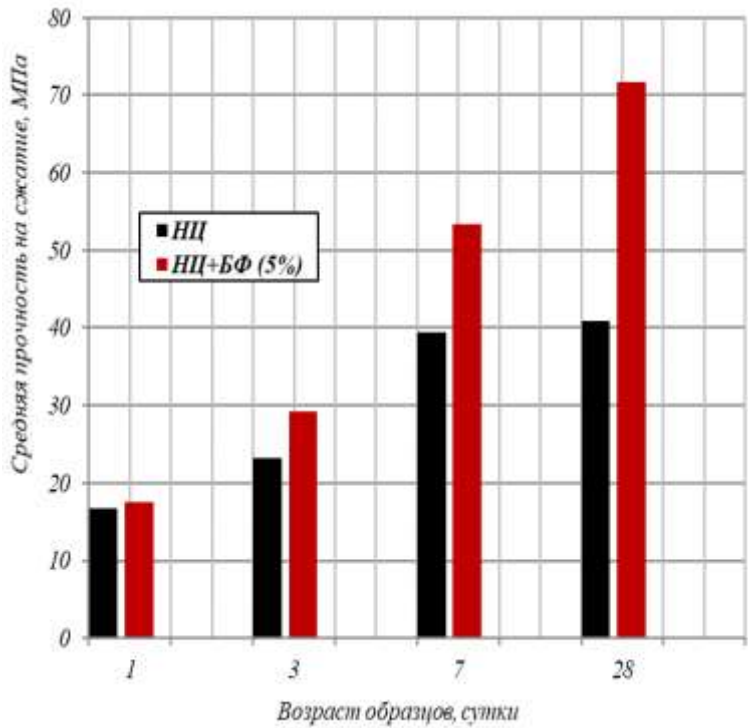


Рисунок - Прочностные характеристики опытных образцов на сжатие

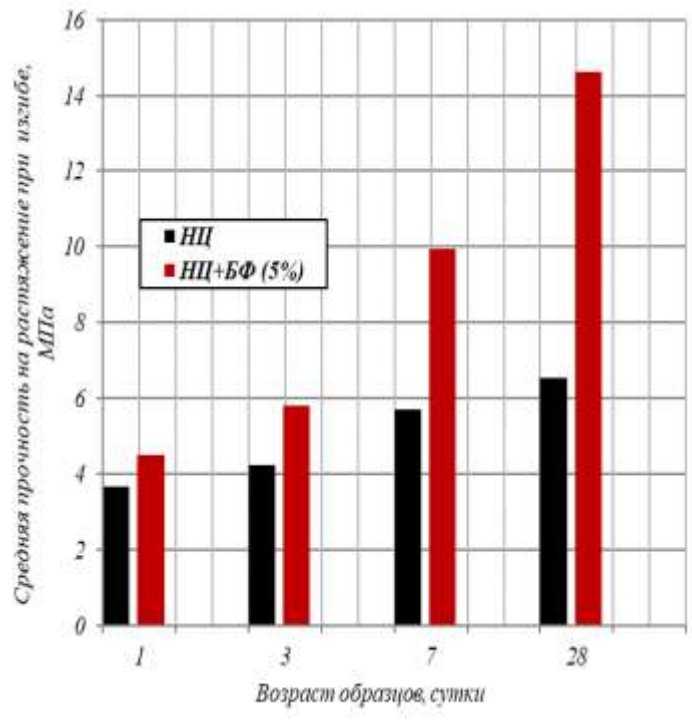
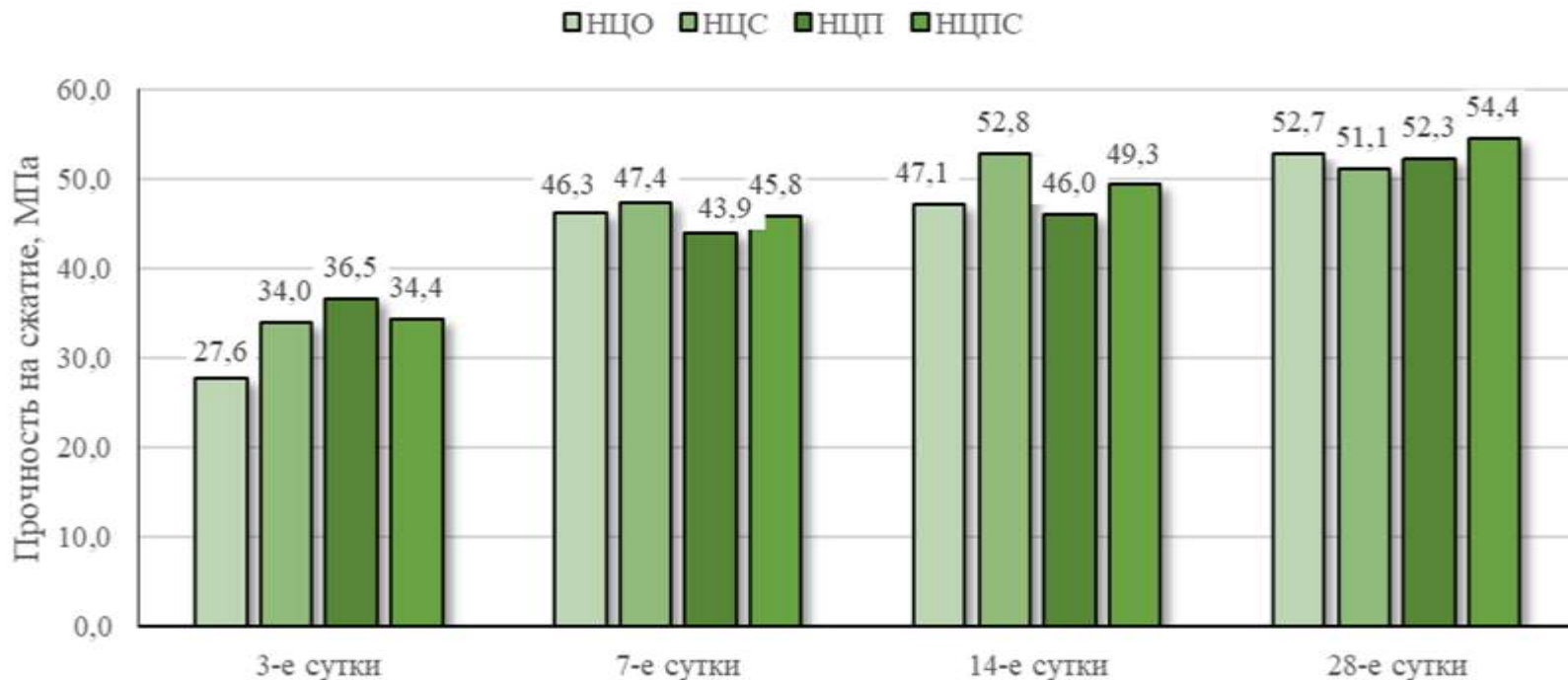


Рисунок - Прочностные характеристики опытных образцов на растяжение при изгибе

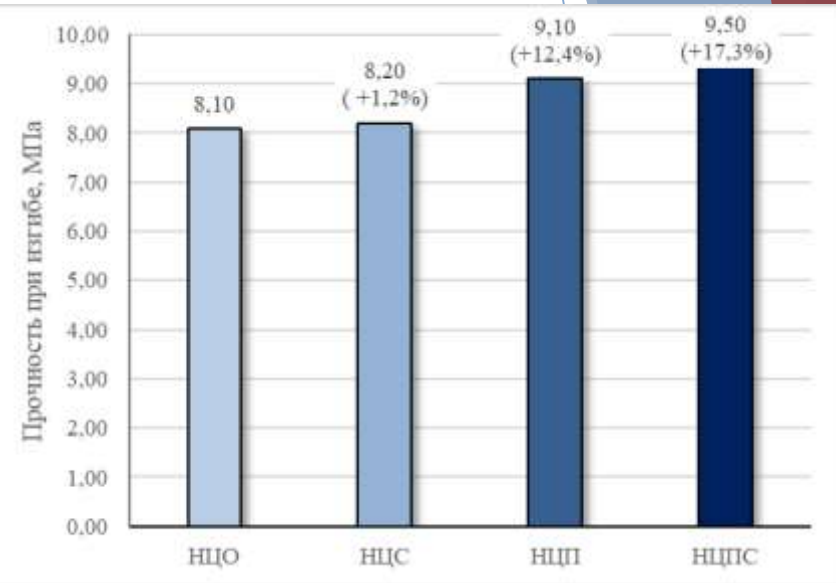
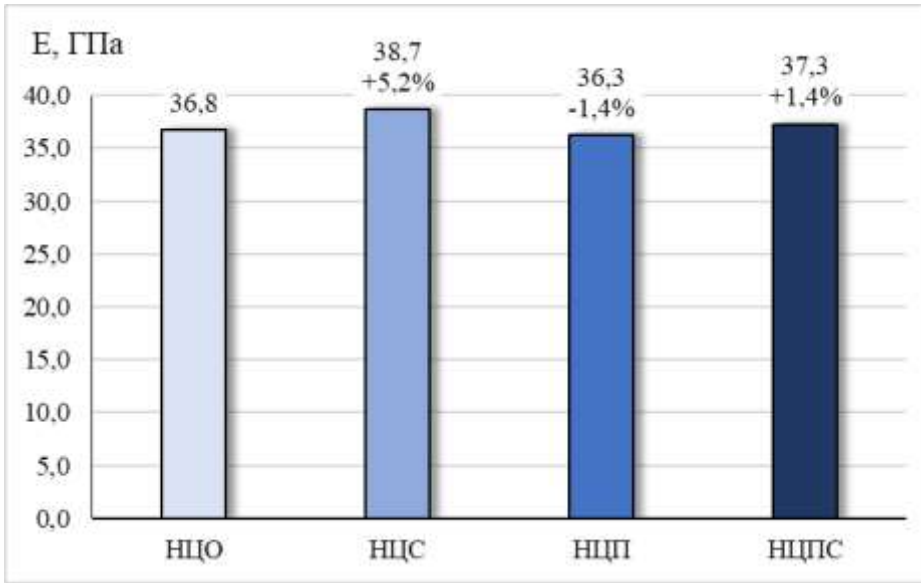
НЦ - серия на основе напрягающего цемента;  
НЦ+БФ - то же, но с введением 5% базальтовой фибры (по массе вяжущего)

## Моно- и полидисперсное армирование фибробетона



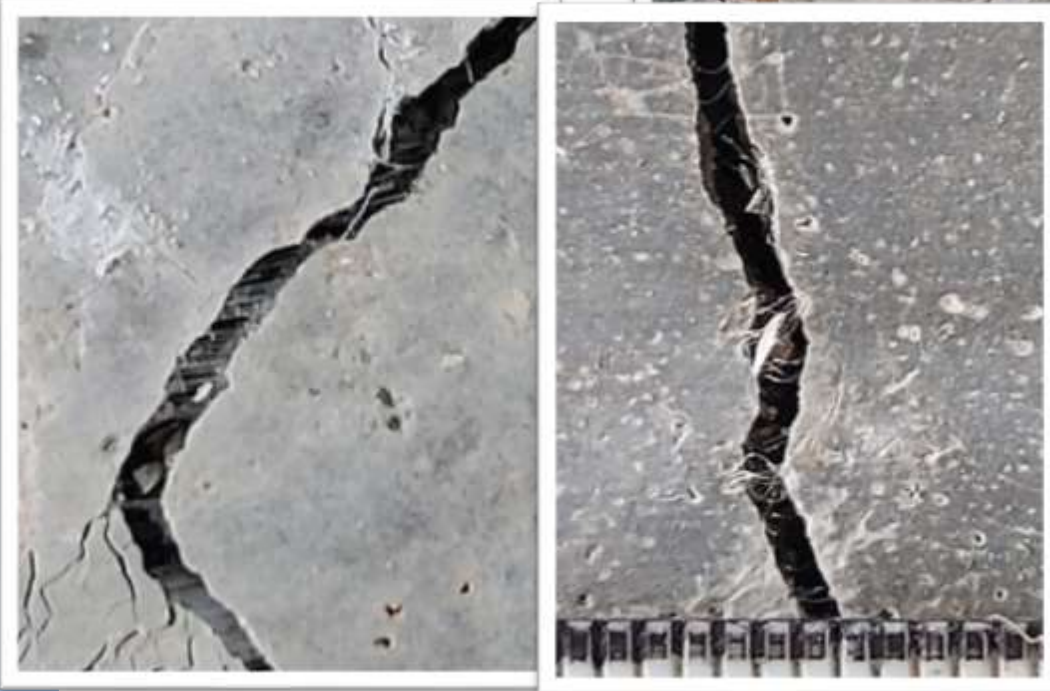
НЦ - серия на основе напрягающего цемента;  
НЦС - то же, но с введением 8% стальной фибры (по массе вяжущего);  
НЦП - то же, но с введением 0,6% полипропиленовой фибры (по массе вяжущего);  
НЦПС - то же, + полиармирование с суммарным введением 8% стальной и полипропиленовой фибры (по массе вяжущего);

# Моно- и полидисперсное армирование фибробетона



НЦ - серия на основе напрягающего цемента;  
НЦС - то же, но с введением 8% стальной фибры (по массе вяжущего);  
НЦП - то же, но с введением 0,6% полипропиленовой фибры (по массе вяжущего);  
НЦПС - то же, + полиармирование с суммарным введением 8% стальной и полипропиленовой фибры (по массе вяжущего);

## Структура моно- и полиармированного фибробетона



Волокна полимерной  
фибры, включенные в  
работу после раскрытия  
трещины

# Оценка эффективности применения фибры в бетонах

Стоимость вынужденного ремонта 1 м<sup>2</sup> бетона С25/30 при его поверхностном растрескивании:

1. С применением ремонтных составов с быстрым набором прочности при различной глубине растрескивания (h)

Бетон без фибры с сеткой  
усадочных трещин



Затраты	Стоимость за единицу	h, мм \ V, м <sup>3</sup>		
		<u>10</u> 0,01	<u>50</u> 0,05	<u>100</u> 0,1
Оконтуривание участка ремонта болгаркой и удаление бетона перфораторами, руб\м <sup>3</sup>	679,30	0,61	3,06	6,12
Обеспыливание поверхности ремонта, руб\м <sup>2</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
Приготовление ремонтного состава, руб\м <sup>3</sup>	5,94	0,06	0,30	0,60
Увлажнение поверхности ремонта, укладка ремонтного состава, уход за ремонтным составом, руб\м <sup>3</sup>	30,36	0,30	1,52	3,04
Стоимость материала ремонта, руб\м <sup>3</sup>	1525,20	15,24	76,26	152,52
<b>ИТОГО, руб\м<sup>2</sup>:</b>		<b>16,41</b>	<b>81,34</b>	<b>162,48</b>



# Состав и изготовление фибробетона

## Дозирование и смешивание

*Добавление фибры при замесе небольшого объема бетона:*

- Разъединение при помощи сжатого воздуха и вдувания в барабан на бетонную смесь
- Вращение барабана миксера с наибольшей скоростью
- Минимальное время смешивания > 5 мин.

*Добавление фибры при изготовлении большого объема бетона:*

- Введение непосредственно через транспортер с заполнителем! в бетоносмеситель
- При необходимости также вручную (целые упаковочные единицы)

Минимальное время смешивания > 1-2 минут



## Состав и изготовление фибробетона

### Уплотнение бетонной смеси

Предотвращение комкования (образования «ежей»), а также полное диспергирование введенной фибры при уплотнении глубинными и поверхностными вибраторами (не слишком интенсивное / продолжительное уплотнение).





# Фибробетон

*Преимущества использования полиармированного фибробетона с компенсированной усадкой:*

## **1. Прочность и устойчивость к нагрузкам**

Наличие внутри бетона-матрицы равномерно распределенной фибры повышает прочностные свойства бетона на 50%. Такой материал успешно используется для строительства дорог и полов промышленного назначения, а также сооружения конструкций, на который воздействуют постоянные интенсивные нагрузки.

## **2. Химическая нейтральность и стойкость к агрессивным средам**

Для создания внутреннего фиброармирования используются волокна, устойчивые к агрессивным средам. Наибольшей химической нейтральностью обладает полимербетон, в состав которого входит полипропиленовая фибра. Данные свойства материала позволяют применять фибробетон для строительства ГТС, подземных коммуникаций, специальных сооружений.

## **3. Отсутствие трещин при усадке**

Фиброволокна в составе фибробетонной смеси на 30-50% повышают показатели упругости. При твердении на поверхности бетона не образуется трещин. Материал в 2 раза меньше подвержен деформации. Минимальный уровень усадки делает фибробетон оптимальным стройматериалом для заливки фундаментов на сложных грунтах.



# Фибробетон

**4. Повышенная водонепроницаемость и морозоустойчивость**  
В классическом бетоне любого класса всегда имеются микропустоты, которые в процессе набора прочности заполняются водой. При минусовых температурах вода замерзает и разрушает структуру бетона. Внутри фибробетона микропустоты на 90% заняты фиброй, поэтому материал поглощает минимум влаги, обладает повышенной морозоустойчивостью.

**5. Увеличенный срок эксплуатации**  
Низкая истираемость - существенное достоинство всех видов фибробетонов. Благодаря высокому уровню адгезии между фиброволокном и цементным связующим пылеобразование (истираемость) фиброматериала в 3-10 раз ниже. Фибробетонные полы и конструкции служат значительно дольше, не требуют ремонта и реконструкции.

**6. Универсальность и широкая сфера применения**  
Фибробетонные смеси имеют широкую сферу применения. Материал успешно заменяет традиционный бетон в дорожном и гражданском строительстве, производстве, благоустройстве.

**7. Снижение затрат и высокая продуктивность работ**  
Применение фибробетона снижает затраты на строительство за счет отсутствия необходимости армирования и уменьшения толщины слоя заливки. Работы по заливке фибробетонной смеси выполняются быстро благодаря минимальному времени затвердевания.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

## **Руководитель разработки**

Учреждение образования «Брестский государственный  
технический университет»;

разработчик: к.т.н, доцент кафедры технологии бетона и  
строительных материалов Павлова Инесса Павловна

+375 29 720-39-61, [pavlinna@tut.by](mailto:pavlinna@tut.by).