

# ТРАНСПОРТНОЕ БЕТОННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

С

SIMULIA Abaqus

ПОСТАВКА ПРОДУКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА НА ЭКСПОРТ

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ПРОЕКТА

## МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ КОРПУСА БЕТОННОГО СУДНА:

- A. Использование композитного бетона;
- B. Использование композитных материалов;
- C. Создание специальных **ПС** по оптимизации конструкций корпуса судна и выполнение расчетов прочности бетонных судов посредством нелинейного анализа НДС судовых конструкций на основе **SIMULIA Abaqus**;
- D. Создание специальных **ПС** по оптимизации теплопроводности конструкций корпуса судна;
- E. Оптимизация конструкции корпуса бетонного судна с использованием **SIMULIA Isight** и **SIMULIA Tosca**.

## **А. КОМПОЗИТНЫЙ БЕТОН**

**КОМПОЗИТНЫЙ БЕТОН (К-БЕТОН) - бетон-матрица в виде бетона с базовым дисперсным армированием, как саму по себе в качестве конструкционного материала, так и в комбинации с любого рода иным армированием, например, гибридным дисперсным, композитным или стальным армированием.**

**В нашем случае бетон-матрица, марка по водонепроницаемости W20, марка по морозостойкости не менее F1000, высокая сульфатостойкость и коррозионная стойкость:**

- 1. **Высокопрочный легкий бетон (ВЛБ), плотность 1,6 т/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие 80 - 100 МПа, прочность на растяжение при изгибе 10 - 15 МПа;***
- 2. **Особо прочный бетон (ОПБ), плотность 2,6 т/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие 190 – 200 МПа, прочность на растяжение 15 - 20 МПа и больше, прочность на растяжение при изгибе 30 - 40 МПа.***

**ОПБ, как и ВЛБ, в любом случае, являются фибробетоном.**

# НОВОЕ БЕТОННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

## СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА БЕТОННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ:

1. Новые бетонные конструкционные материалы;
2. Современные технологии бетонных судостроительных работ;
3. Численные методы расчетов судовых бетонных конструкций на основе SIMULIA Abaqus.

ОЖИДАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ: **МИНИМИЗАЦИЯ МАССЫ КОРПУСА БЕТОННОГО СУДНА**

*Термин «**бетонное судно**» означает судно, изготовленное с использованием к-бетона, физические свойства которого учитываются в расчетах прочности судна по предельным состояниям материала по ГОСТ 27751-88.*

## В. ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.

### Композитная стержневая арматура.



Проведение НИОКР по композитному бетону для судостроения направлено на изучение комбинированного композитного бетона с композитной арматурой, со стальной стержневой арматурой и при совместном композитном и стальном стержневом армировании с оформлением соответствующей нормативной документации, согласованной с РС.

## **С. РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ К-БЕТОННЫХ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Нелинейный характер поведения композитного бетона диктует необходимость отказаться от аналитического метода расчетов прочности бетонного судна, определенного Правилами РС. На сегодняшний день разработка расчетной модели поведения композитного бетона, включая сцепление бетон-матрицы с фиброй и арматурой может осуществляться по трем вариантам:

- 1) методом приведенного стержневого армирования;***
- 2) методом формализации (линеаризации) результатов опытных работ по определению физических свойств материалов, например МКЭ и т.д.;***
- 3) методом решения задач механики неоднородных сред с многослойными включениями.***

Метод моделирования поведения ОПБ/БЛН посредством формализации (линеаризации) результатов опытных работ по определению физических свойств материалов.

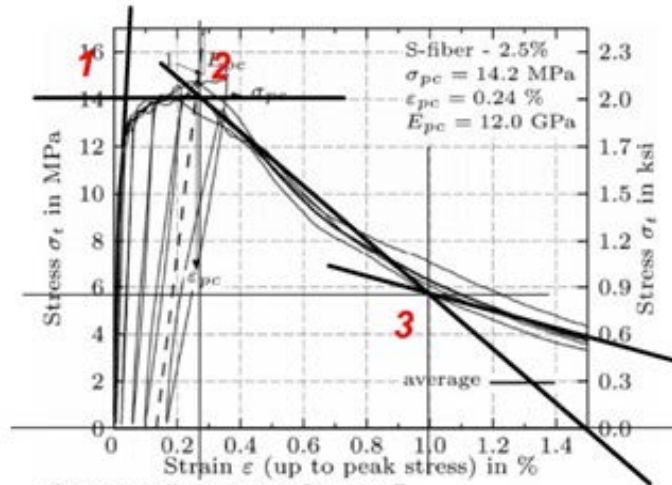


Figure. Tensile response of UHPFRC

	A	B	C	I
1				
2		$\delta$	$\epsilon$	
3		MPa	%	
4	1	14	0	
5	2	14	0,35	
6	3	5,5	1	
7	4	0	2,5	
8				
9				

# ФОРМА АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНОГО БЕТОНА

ФОРМА АРМАТУРЫ ЗАВИСИТ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЕЕ МАТЕРИАЛА:

- ★ Арматурный стержень периодического профиля, в отличие от железобетона, не является оптимальной формой композитного армирования бетона.
- ★ Как следствие - может быть разработано множество форм арматуры композитного армирования в зависимости от эффективных механических свойств композита.

**Насущной необходимостью является создание соответствующего инструмента по оптимизации армирования композитного бетона**

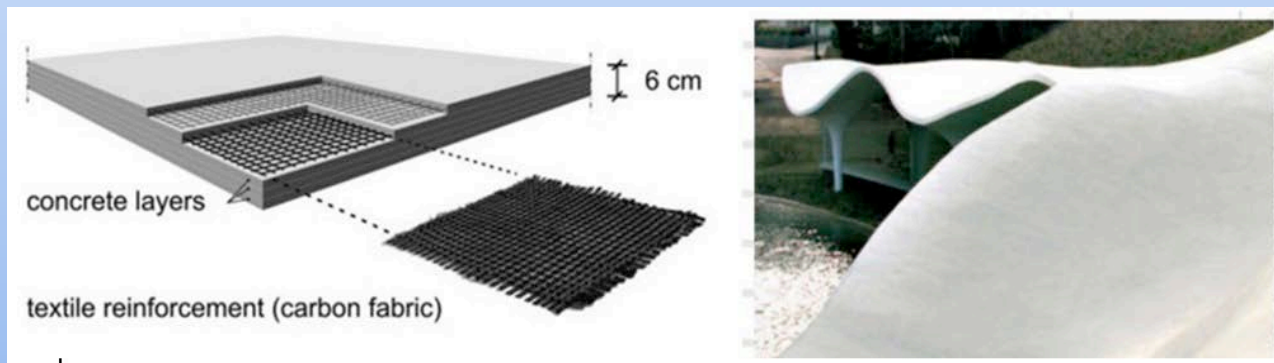


Моделирование поведения ОПБ/БЛН методом решения задач механики неоднородных сред с многослойными включениями:

- 1.Расчетов оптимального армирования к-бетонных плит;*
- 2.Расчетов прочности к-бетонных судовых конструкций на Правила РС;*
- 3.Расчетов теплопроводности к-бетонных плит и судовых конструкций в соответствии с требованиями части VI Правил РС «Противопожарная защита».*

## Е. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОРПУСА БЕТОННОГО СУДНА.

Послойная укладка бетона методом торкретирования (послойный набрызг бетонного материала), позволяет обеспечить местное и локальное усиление судовых конструкций бетонного судна, в том числе и посредством использования соответствующей полимерной композитной или стальной сетки, а так же полимерного композитного текстильного материала.



Работы выполняются на основе компьютерного моделирования процесса укладки слоев конкретного текстильного материала с помощью программного обеспечения:

**SIMULIA Composite Modeler for Abaqus**

# ТРАНСПОРТНОЕ БЕТОННОЕ СУДОСТРОЕНИЕ

ПОСТАВКА ПРОДУКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА НА ЭКСПОРТ