

# УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Композиты (композиционные материалы) – искусственно изготовленные смесевые конгломераты, работающие как одно целое.

Большой класс композитов представляют собой армированные пластики.

В роли армирующего элемента используются высокопрочные, высокомодульные волокна: **углеродные, арамидные, стеклянные, базальтовые**

В роли связующего (матрицы) применяются полимерные материалы - органические смолы

Кроме того, в состав композитов входят: наполнители, отвердители, модификаторы

- Введен СП 164.1325800.2014 Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования
- ГОСТы «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций»
  - ГОСТ 31938-2011 Общие технические.
  - ГОСТ 32492-2013 Методы определения физико-механических характеристик.
  - ГОСТ 32486-2013 Методы определения характеристик долговечности.
  - ГОСТ 32487-2013 Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам»

# Композиционные материалы – материалы, состоящие из двух и более компонентов (фаз)

- + ряд дополнительных условий, в числе которых:
- а)доля каждого компонента (арматура, матрица) должна быть не менее 5÷10%;
- б)свойства составляющих компонентов должны существенно различаться – в этом случае свойства композиционных материалов должны заметно отличаться от свойств исходных компонентов

- Изучение композитов как строительных материалов началось в 50-ые годы прошлого века, и за прошедшее время разработан широкий круг изделий из композитов, отличающихся по своему составу и технологии изготовления.
- Основным нормативным документом по использованию усиливающих систем в строительстве является «Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами» 2006 года.

# Область применения углеволокна в строительстве

- Композиты на основе углеродного волокна предлагают более эффективный метод восстановления или модернизации крупных зданий и сооружений, и других объектов инфраструктуры, рассчитанных на высокие нагрузки.
- Эти материалы обладают уникальными характеристиками, поскольку не подвержены коррозии и требуют минимального технического обслуживания в течение расчетного срока эксплуатации здания. Наиболее распространенные области применения связаны с укреплением балок, колонн, кладки стен, стальных и бетонных труб. Этот материал также позволяет продлить срок службы дорог и мостов.

# Свойства высокопрочных композитов и волокон

Свойства композитов	Угле-пластик	Угле-волокно	Стекло-пластик	Стекло-волокно	Базальто-пластик	Базальто-волокно
Удельная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1700	1800	1900	2500	1900	2500
Модуль упругости, ГПа	170	230	50	73	60	90
Прочность при разрыве, Мпа	2500	4800	1600	2500	1800	2600
Теплостойкость, С	100	2000	100	600	100	700

# Композитные материалы



*Ламели*

*Холсты*



*Стержни*



# Сравнительные характеристики холстов и ламинатов

	Ламинаты	Холсты
<b>Форма</b>	Прямоугольные ленты	Тонкая однонаправленная или двунаправленная ткань
<b>Размеры: толщина ширина</b>	1,2-1,4 мм 50-150мм	0,065-0,36 мм 150-1400мм
<b>Метод применения</b>	Приклеивание изготовленных на заводе профилей с помощью связующих	Пропитка сухого волокна смолами, приклеивание и отверждение на месте
<b>Особенности применения</b>	Только для плоских поверхностей; необходимо двухкомпонентное тиксотропное связующее для приклеивания; не рекомендуется использование более одного слоя; Допускается некоторая неровность поверхности бетона; качество гарантировано производителем; простота в использовании; подходит для усиления на действие изгибающего момента; необходима противопожарная защита.	Легко использовать на изогнутых поверхностях; необходимы низковязкие смолы для приклеивания и пропитки; возможно использование нескольких слоев; все неровности должны быть отремонтированы; необходима хорошо отлаженная система контроля качества; хорошая совместимость с отделочными материалами; подходит для усиления как на действие изгибающего момента, так и поперечной силы; необходима противопожарная защита.

# Традиционные способы усиления конструкций



# Не решенные проблемы при традиционном усилении конструкций





## Примеры усиления композиционными материалами

# Композитные материалы MBrace

## Системы материалов по типу волокон



*Углеродное  
волокно*



*Стекловоло  
кно*



*Арамидное  
волокно*



*Базальтовое  
волокно*

## Системы материалов по направлению волокон



*Однонаправленные*



*Двунаправленные*



*Разнонаправленные*

## ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ:



- гораздо более высокая прочность на растяжение (углеволокна), чем применяемая арматурная сталь ( $R=2300$  до  $4900$  МПа);
- удельный вес композиционных материалов в 4-5 раз меньше, чем у стали (обеспечивает простое и лёгкое присоединение к усиливаемой конструкции);
- при монтаже не повреждается бетон и арматура существующей конструкции;
- используются в виде лент или холстов любой требуемой длины (приводит к упрощению технологии работ);
- легко поддаются преднапряжению;
- материал можно использовать для усиления любых по форме конструкций;

## ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ:

- технологический процесс позволяет производить установку композиционного материала без остановки эксплуатации усиливаемого сооружения;
- малая толщина материала (от 0.1 до 2 мм) позволяет устанавливать полосы одновременно в двух направлениях;
- составляющие композиционного материала являются долговечными и обладают хорошей выносливостью;
- в случае возникновения непредвиденной эксплуатационной ситуации они легко ремонтируются;
- усиление композиционными материалами является менее трудоёмким и энергозатратным процессом по сравнению с другими способами усиления.

# Недостатки

- **модуль упругости** композитной арматуры почти **в 4 раза ниже**, чем у стальной даже при равном диаметре (другими словами она легко изгибается). По этой причине её можно применять в фундаментах, дорожных плитах и т.д., но применение в перекрытиях требует дополнительных расчетов;
- при нагреве до температуры в 600 °С, компаунд, связывающий волокна арматуры, размягчается настолько, что арматура полностью теряет свою упругость. Для увеличения устойчивости конструкции к огню в случае **пожара** - требуется предпринимать дополнительные меры по теплозащите конструкций, в которых используется композитная арматура;
- композитную арматуру, в отличие от стальной, - невозможно сваривать **электросваркой**. Решение - установка на концы арматурных стержней стальных трубок (в заводских условиях) к которым уже можно будет применять электросварку;
- такой арматуре **невозможно придать изгиб** непосредственно на строительной площадке. Решение - изготовление арматурных стержней требуемой формы ещё на производстве по чертежам заказчика;

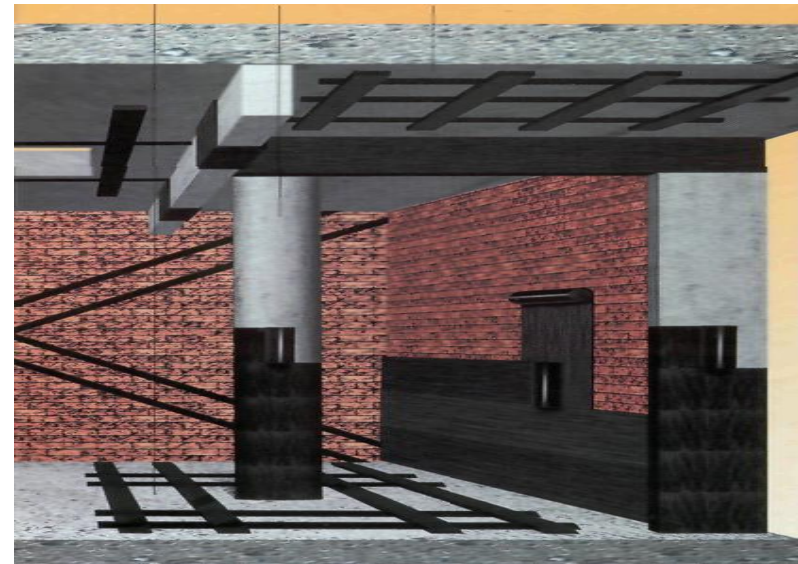


**BASF**  
Global Company



## Усиление конструкций композитными материалами

■ Принцип усиления конструкций углеволокном заключается в наклеивке с помощью специального эпоксидного клея на поверхность конструкций высокопрочных холстов или ламинатов, а также сетки. Возможно усиление как изгибаемых конструкций в растянутых зонах и на опорных участках в зоне действия поперечных сил, так и сжатых, и внецентренно сжатых элементов.



## Преимущества по сравнению с традиционными способами усиления:



1. Очень прочные материалы ( около 3000 МПа на растяжение)
2. Очень легкие материалы (плотность 1,8 г/см<sup>2</sup>) –не утяжеляет конструкцию
3. Толщина ламината- около 1 мм- сохраняет объемно-планировочные решения
4. Меньше трудозатраты на производство работ ( не требует сварки, зачеканки, инъектирования, подъемных механизмов)
5. Можно проводить работы без остановки функционирования объекта
6. Позволяет усиливать существующие здания с отделкой
7. Сокращает сроки производства работ минимум в два раза

# Область применения

- Восстановление несущей способности сооружений различного назначения при старении конструкционных материалов, коррозии стальных элементов и т.п.
- Повышение несущей способности конструкций при увеличении статической и динамической нагрузки
- Сохранение несущей способности конструкций при изменении схемы силового каркаса (удаление несущих стен и колонн, увеличение пролетов балок) и т.д.

# И еще:

- восстановление и усиление конструкций;
- сейсмическое усиление в опасных зонах;
- снижение усталости элементов конструкции;
- сопротивление ударному воздействию;
- уменьшение прогиба при постоянной нагрузке.



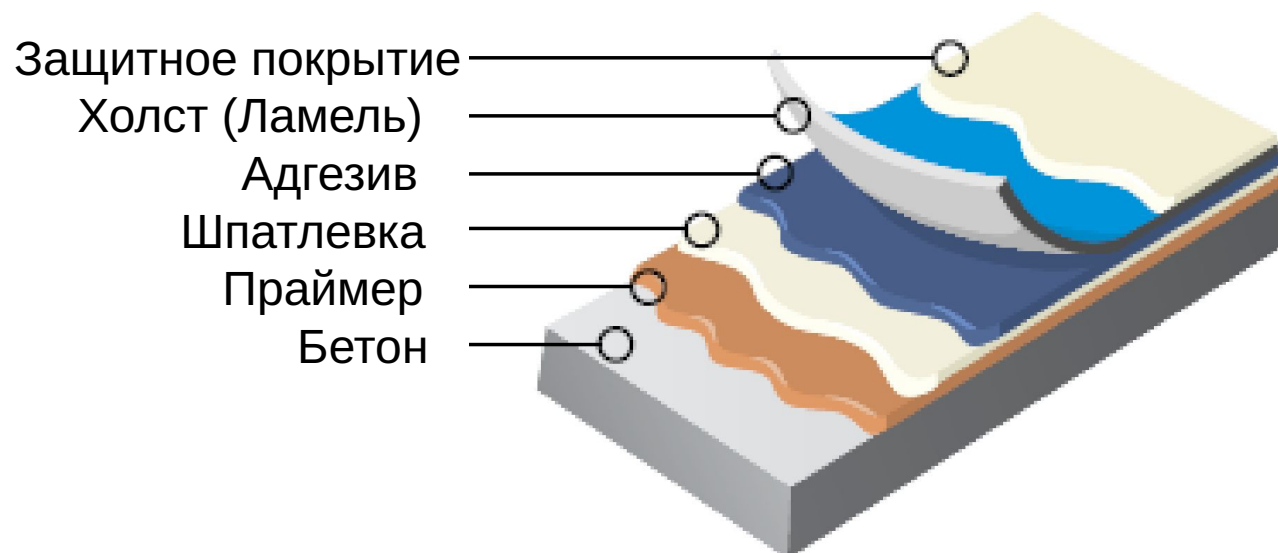
# Комплексный подход

- • восстановление поверхности - **Emaco Nanocrete R4**;
- • грунтовка основания **MBrace Primer** ;
- • устранение мелких дефектов **CONCRETSIVE 1406**;
- • склеивание (для ламинатов и стержней - **MBrace Adhesivo, клей для холстов - MBrace Saturant Adhesivo, MBrace Sheets, MBrace Laminate, MBrace Mbar**);
- • защита от ультрафиолета - **Masterseal 588 и Masterseal F1131**;
- • огнезащита - **Крауз Ультра**.

# Система покрытия

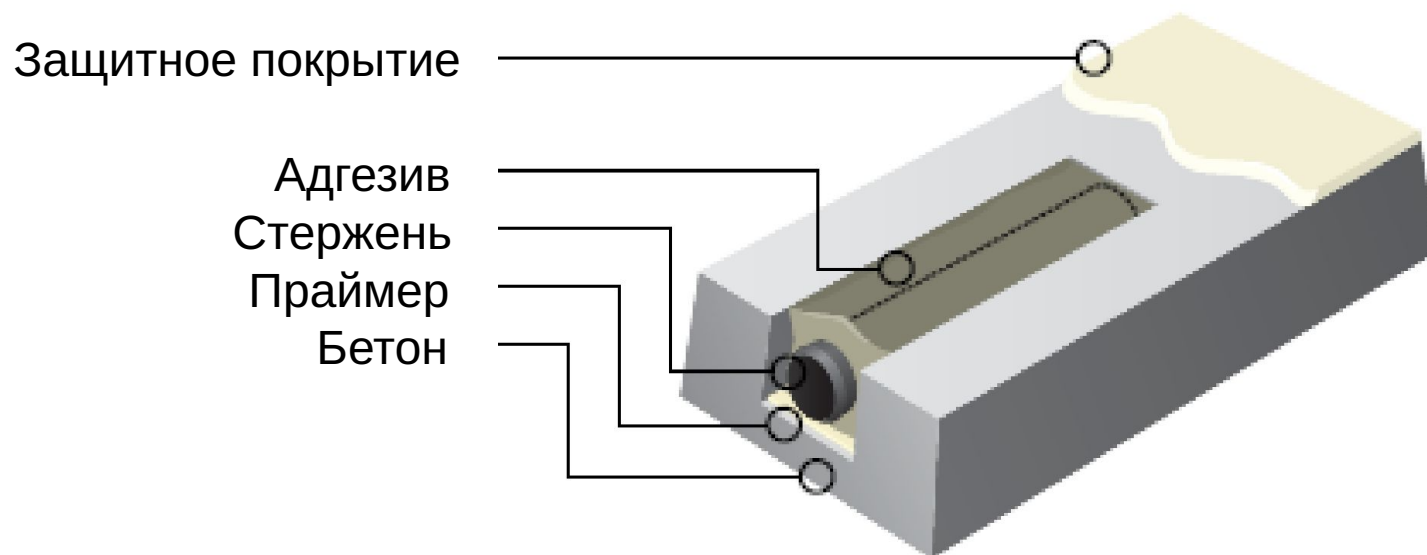
Тканые **холсты пропитываются** эпоксидной смолой, и формируют твердое фиброармированное полимерное соединение, повышающее полезную нагрузку.

**Ламели наклеиваются** эпоксидной смолой на основание, увеличивая несущую способность конструкции.

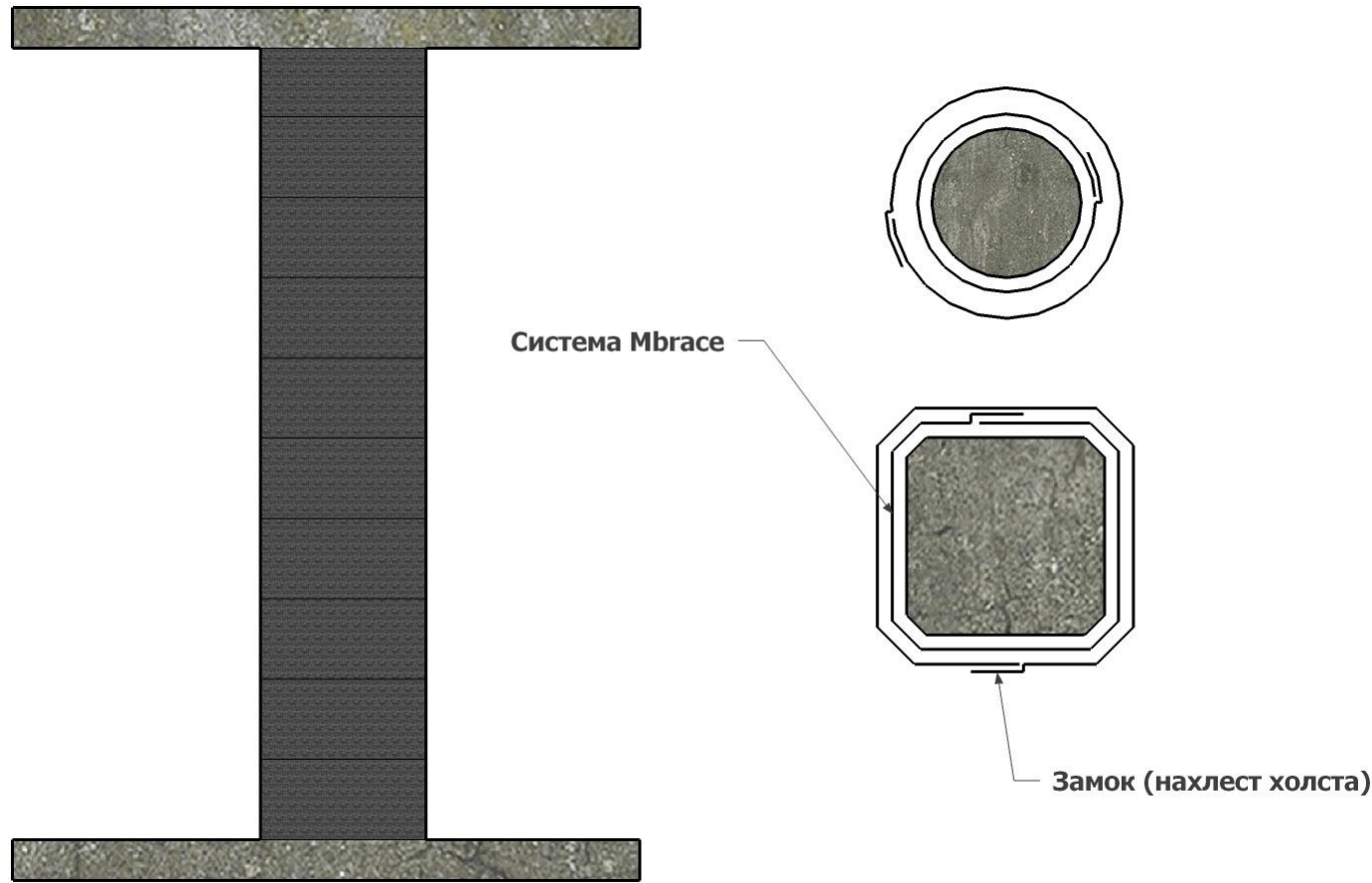


# Система стержней

Стержни на основе однонаправленных углеродных волокон укладываются в подготовленную штрабу в основании, залитую эпоксидной смолой или цементным раствором.



# Усиление сжатых конструкций

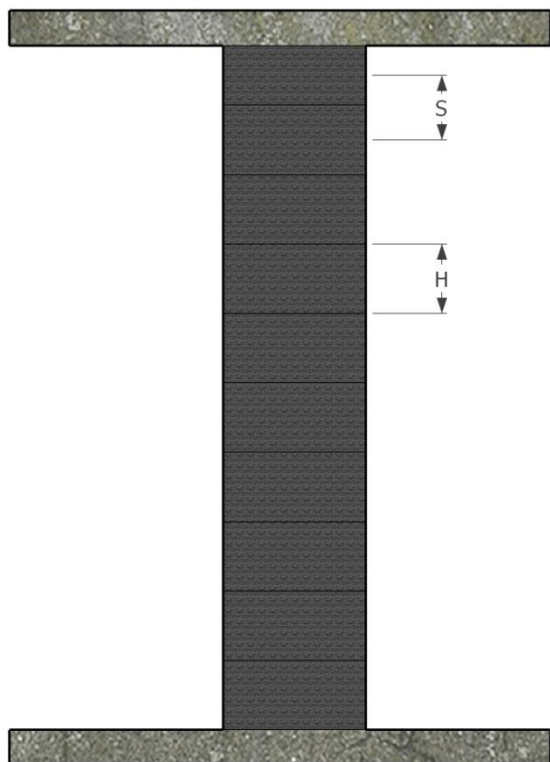


Усиление сжатых конструкций (несущие колонны, простенки) выполняется установкой бандажей по всей высоте конструкции. Холсты укладываются направлением волокон перпендикулярно продольной оси колонны с установкой замка.

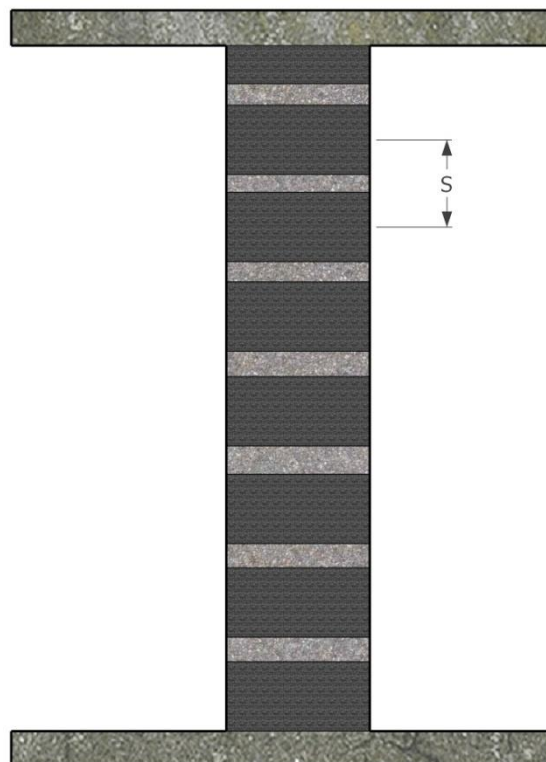


# Варианты установки бандажа

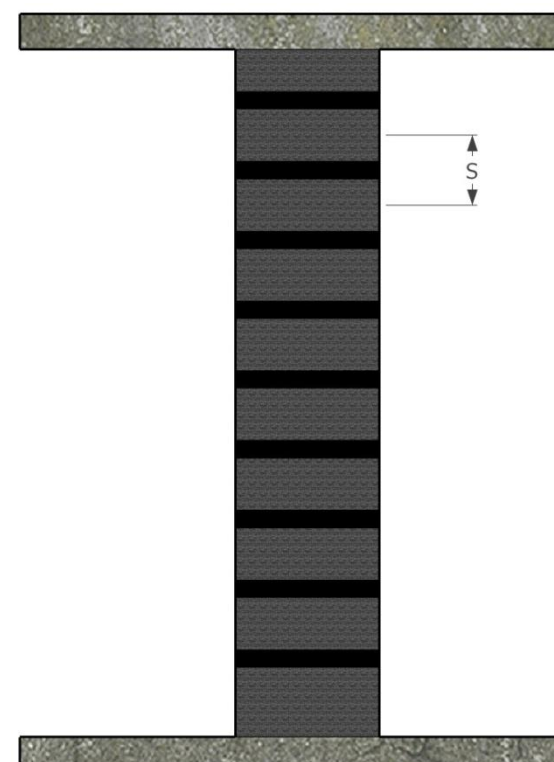
Встык



С интервалом

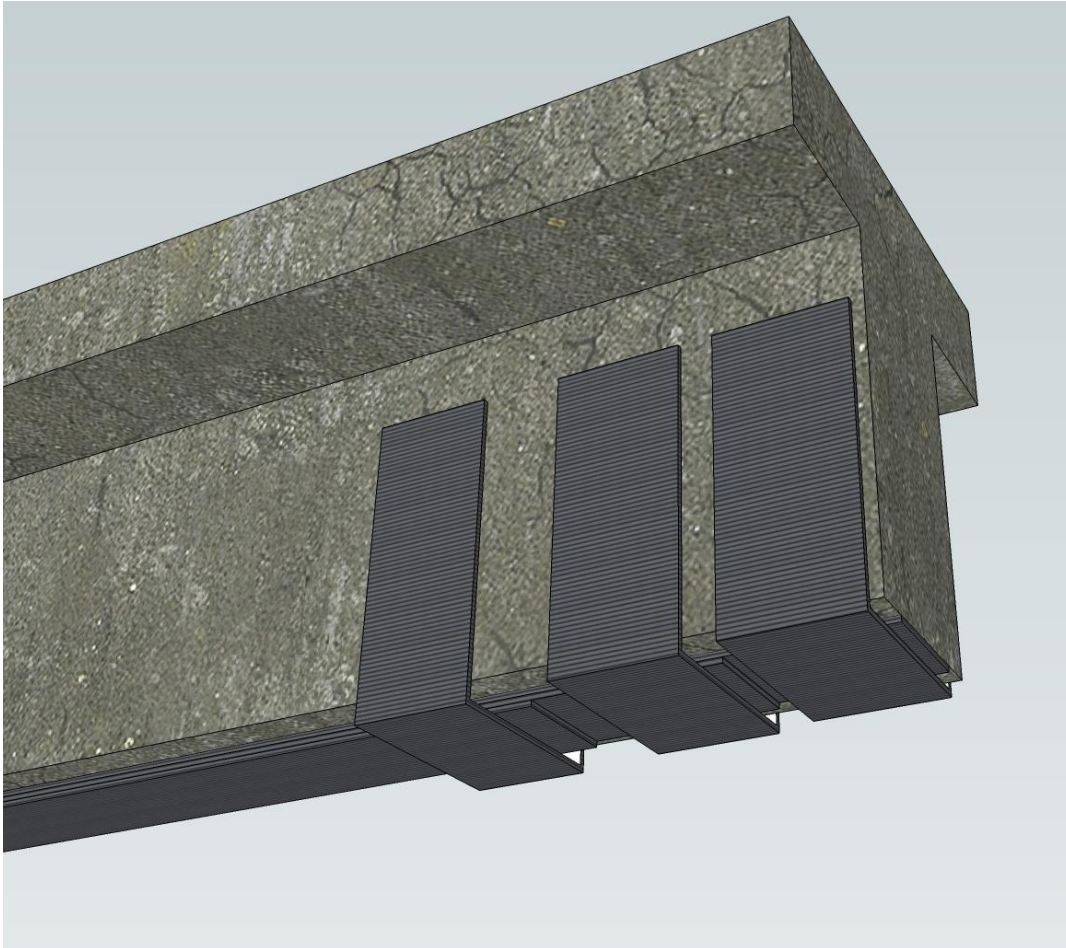


Внахлест



$s$  – расстояние между геометрическими осями бандажа из углеволокна;  
 $h$  – высота бандажа.

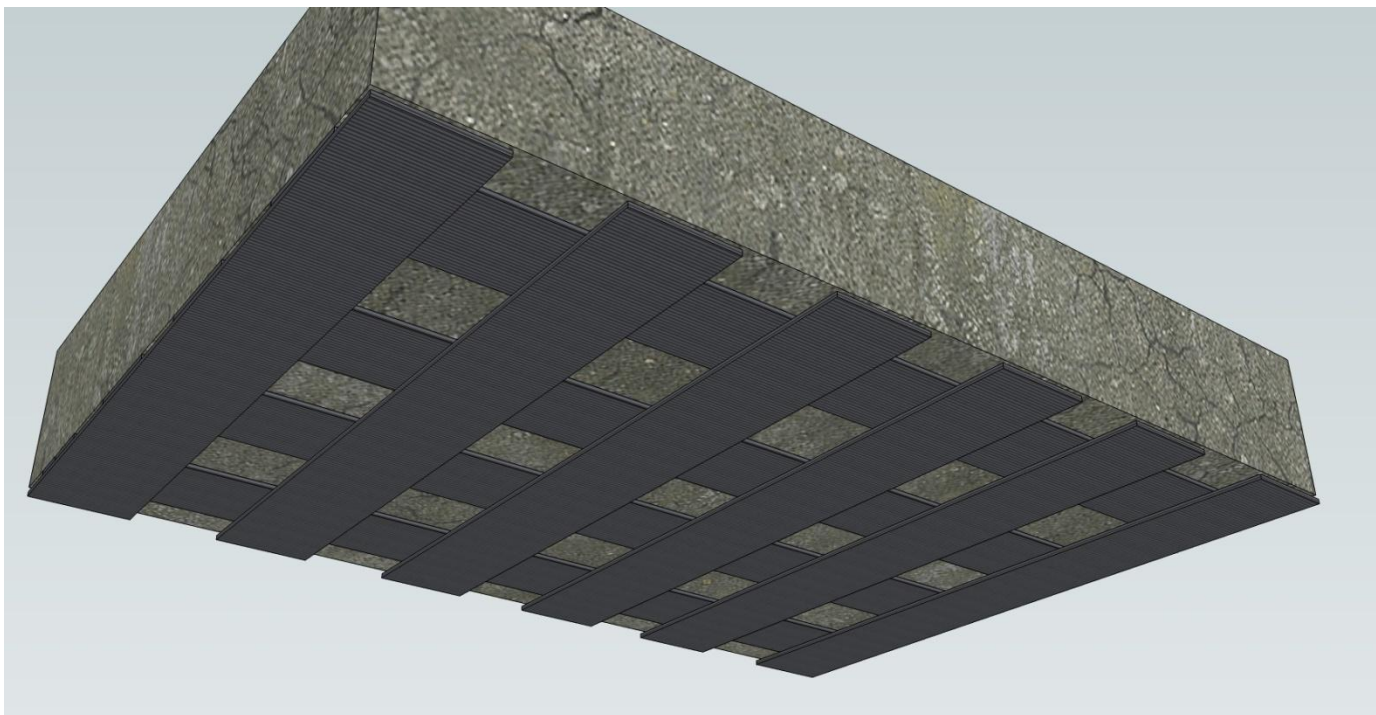
# Усиление изгибаемых элементов



Усиление изгибаемых конструкций выполняется укладкой холста с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции, а в приопорной зоне устанавливаются хомуты с направлением волокон перпендикулярно продольной оси.

# Усиление перекрытий

При усилении перекрытий холст наклеивается на нижнюю поверхность с направлением волокон вдоль оси конструкции, а поверх холст с направлением волокон перпендикулярно оси конструкции.



# Подготовка основания

**Возраст бетонного основания должен быть не менее 28 дней.**  
**Прочность при растяжении основания должна быть  $>1,5$  МПа.**  
**Средняя оптимальная шероховатость поверхности должна быть 0,5-1,0 мм.**



## Условия среды

**Влажность основания должна быть менее не более 4%.**

**Температура окружающей среды должна быть минимальная  $5^{\circ}\text{C}$ , максимальная  $+35^{\circ}\text{C}$ .**

**Температура бетонного основания должна быть не ниже  $8^{\circ}\text{C}$ .**

# Защита системы MBrace

После твердения наносится финишный верхний слой для обеспечения защиты от воздействия ультрафиолетовых излучений, защиты от истирания, огнестойкости и приданию эстетических свойств внешнему виду.



# Технология выполнения работ

# Нанесение праймера

**Прочность сцепления повышается благодаря грунтовке.**

## **Метод нанесения:**

MBrace PRIMER должен наноситься на поверхность бетона мягким валиком слоем 0,1 – 0,2 мм.

## **Расход:**

0,2 - 0,3 кг/м<sup>2</sup> в зависимости от пористости поверхности.



# Выравнивание поверхности

Для выравнивания пустот используется шпатлевка на основе эпоксидной смолы.



**Метод нанесения:**  
Наносится на  
загрунтованную  
поверхность,  
пользуясь стальным  
шпателем.  
На вертикальные  
поверхности толщиной  
2 – 30 мм

**Расход**  
Примерно 1,7 кг/м<sup>2</sup> на  
каждый мм слоя.



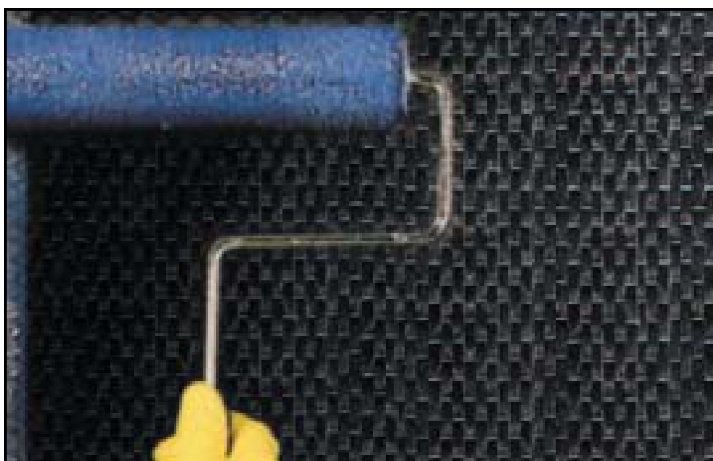
# Наклейка холстов

При укладке углеродных холстов сначала адгезив наносится на усиливаемую поверхность. После чего укладывается углеродный холст и прокатывается резиновым валиком последовательно, не допуская пропусков.



# Нанесение второго слоя адгезива

По истечении приблизительно 30 минут на поверхность холста наносится второй слой клея, завершающий формирование системы MBrace.



# Наклейка ламината



# Аппликатор для нанесения



# Укладка стержней



Усиление кирпичных колонн «Павильона Катальной горки  
государственного музея - заповедника «Ораниембаум»  
(СК «ПРАКТИК»)

 **BASF**  
The Chemical Company



Подготовка бетонного основания колонн Торгового центра «Ашан-Ленинский» перед наклейкой угленоволокна (г. Москва, ул. Вавилова, вл.3).СК «ПРАКТИК»



# Усиление колонн и перекрытия жилого дома в г.Тюмень

 **BASF**  
The Chemical Company





# Усиление колонн и перекрытия жилого дома в г.Тюмень

 **BASF**  
The Chemical Company



ООО «БАУ-Сервис»