



eНано

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

УСИЛЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ: СУЩЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Грибанов Алексей Сергеевич:

*кафедра «Строительные конструкции»
Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых*

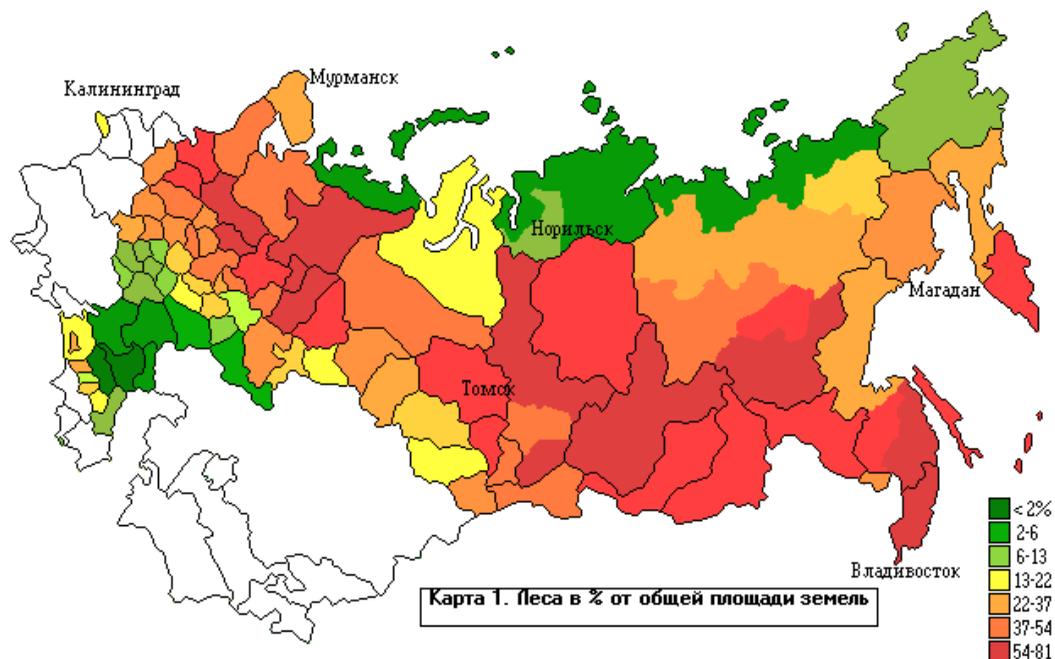


Содержание

- ▶ Введение
 - ▶ Древесина как конструкционный материал
 - ▶ Классификация дефектов деревянных конструкций (ДК)
 - ▶ История развития композитных конструкций на основе древесины
 - ▶ Основные виды и характеристики полимерных композитов для усиления ДК
 - ▶ Анализ рынка композитных материалов на основе углеволокна
- ▶ Опыт применения композитных систем внешнего армирования
- ▶ Проблемы внедрения



Введение



Площадь лесного фонда РФ – 885 млн.га (2015г.):
хвойные – 72%, хиственные – 16%,
твердолиственные – 2,5%

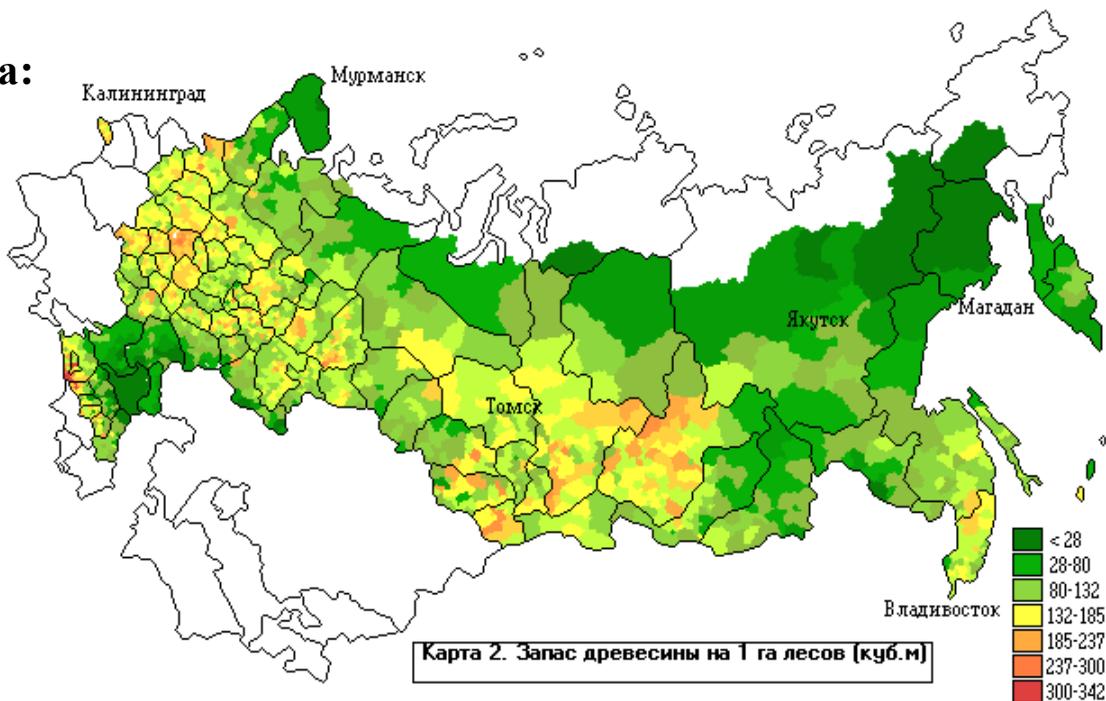
Общий запас древесины – 80,7млрд м3 (≈21-25%
мировых запасов)

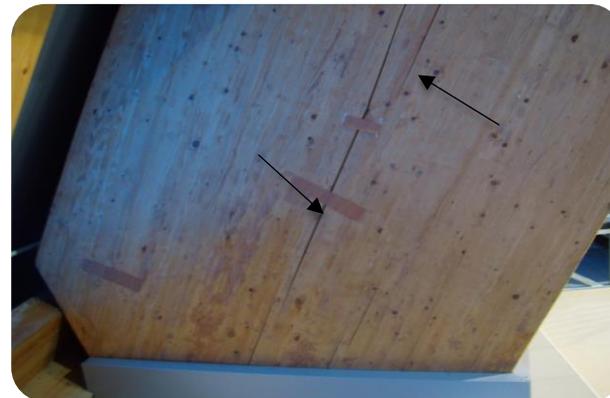
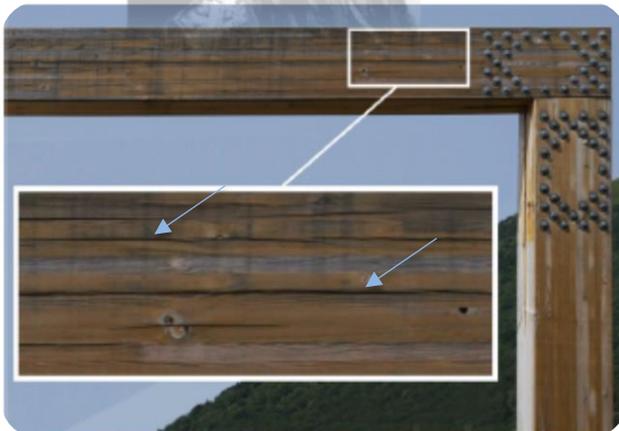
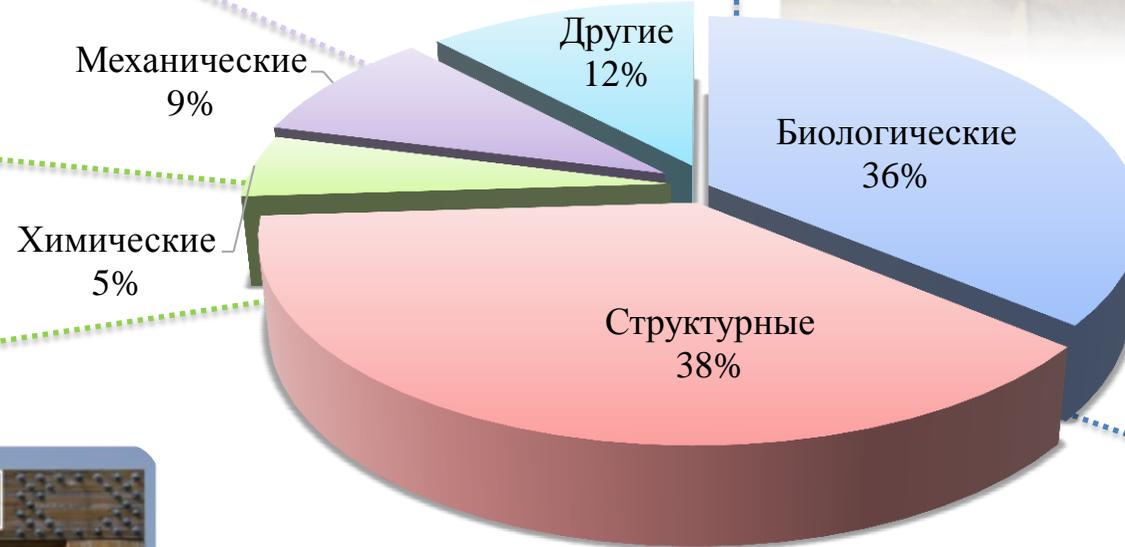
Достоинства древесины как конструкционного материала:

1. Высокая удельная прочность
2. Простота и экономичность механической обработки
3. Малый удельный вес
4. Сейсмостойкость и восприятие динамических нагрузок
5. Радиопрозрачность
6. Экологичность
7. Химическая стойкость
8. Архитектурная выразительность

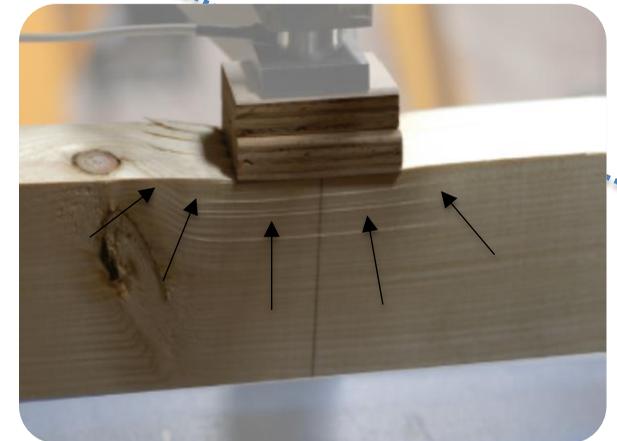
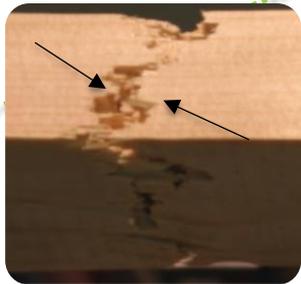
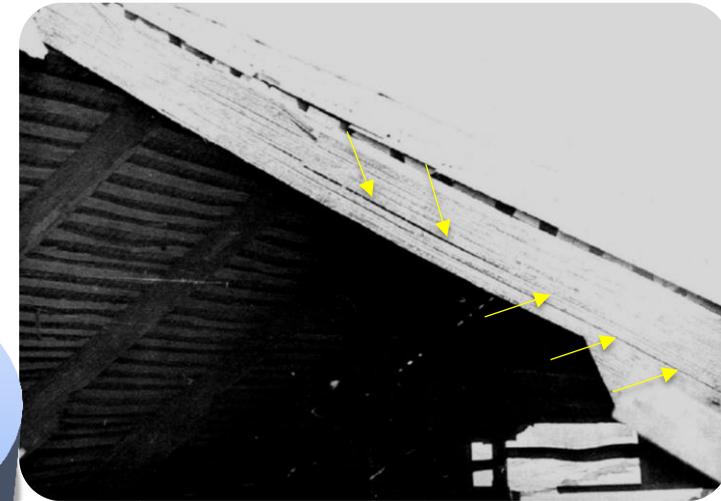
Недостатки:

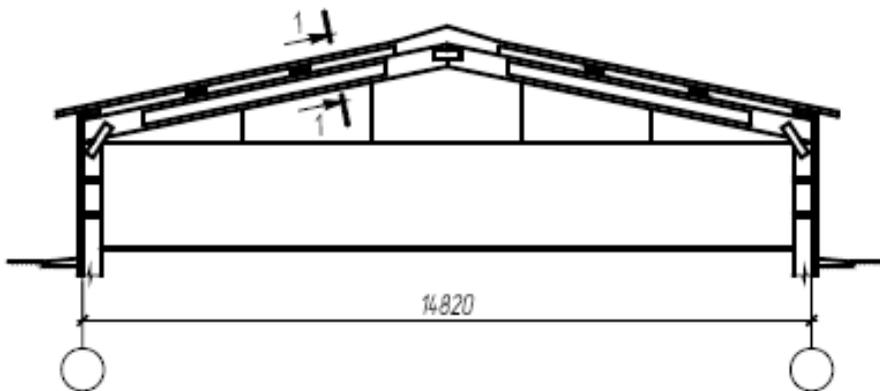
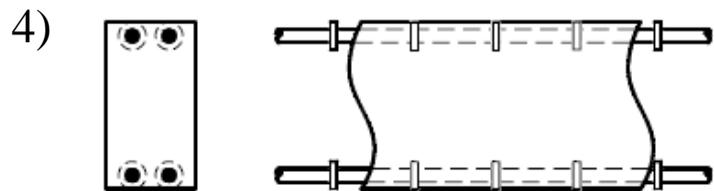
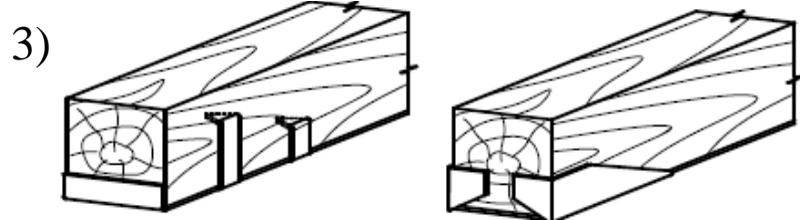
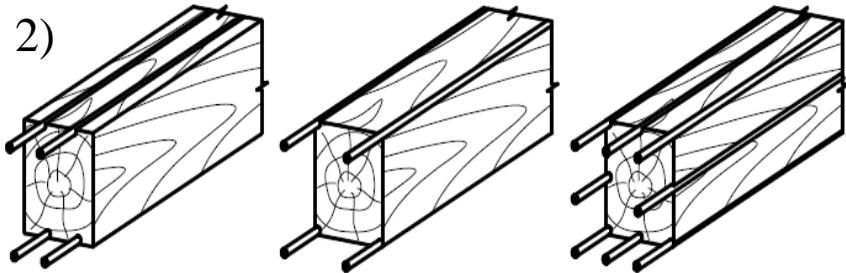
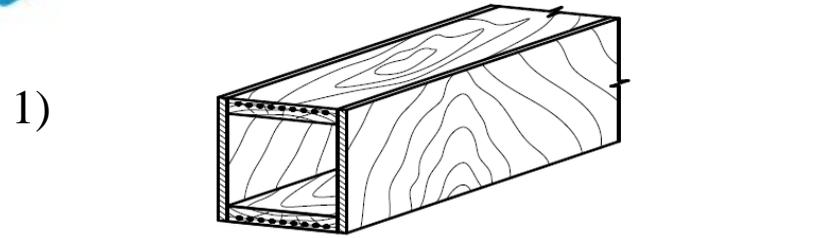
1. Анизотропия свойств
2. Влияние пороков



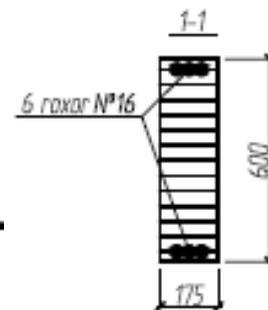
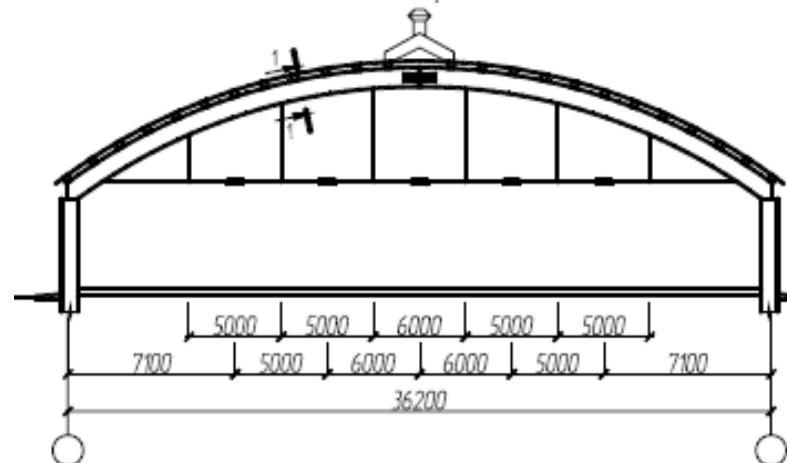
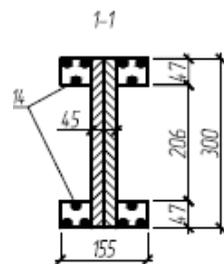
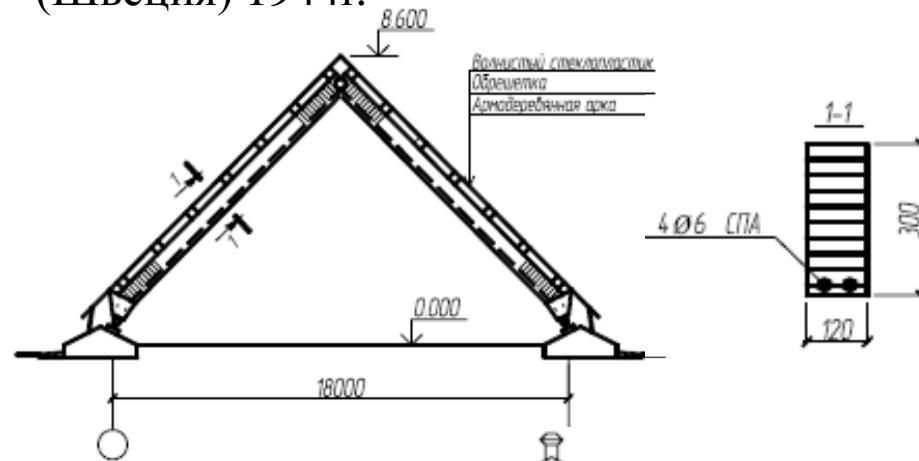


- 1) Blass HJ, Frese M. Failure analysis on timber structures in Germany. In: Kohler J, Fink G, Toratti T, editors. Assessment of failures and malfunctions. Germany: Shaker Verlag; 2011.
- 2) Blass HJ, Frese M. Failure analysis on timber structures. Karlsruhe: KIT Scientific publishing; 2010 [only in German: Schadensanalyse von Hallentragwerken aus Holz].





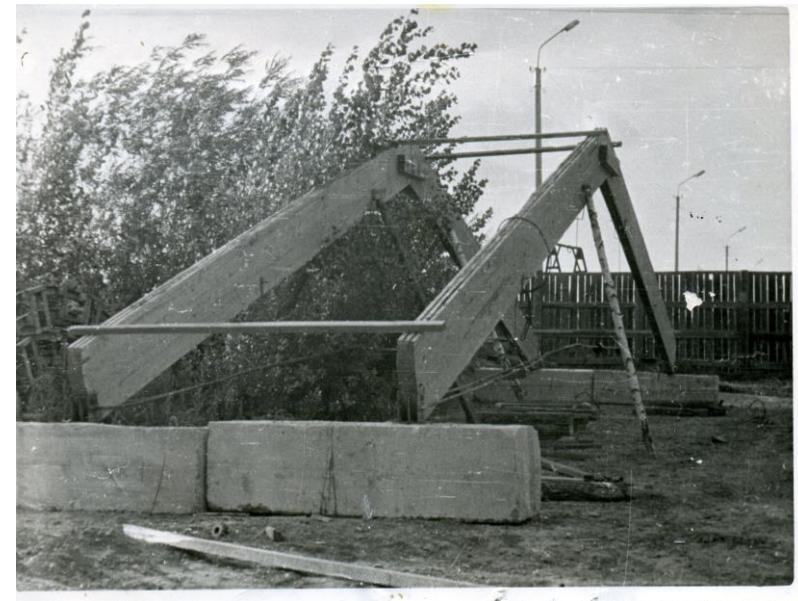
1. Коробчатый элемент, предложенный в 1921г. А. Клайтилем (США)
2. Армированные стальными стержнями брусчатые балки А. Фишера 1926г. (Германия)
3. Брусчатые балки, предложенные А.Л. Монасевичем (СССР) в 1937г.
4. Балки, армированные стальными стержнями с кольцевыми выступами, выполненные Х. Гранхольмом (Швеция) 1944г.





Почетный строитель, к.т.н., проф. Щуко Владислав Юрьевич - заведующий кафедрой «Строительные конструкции» в 1972-2007гг. (бывш. «Строительных конструкций и архитектуры») Владимирского государственного университета.

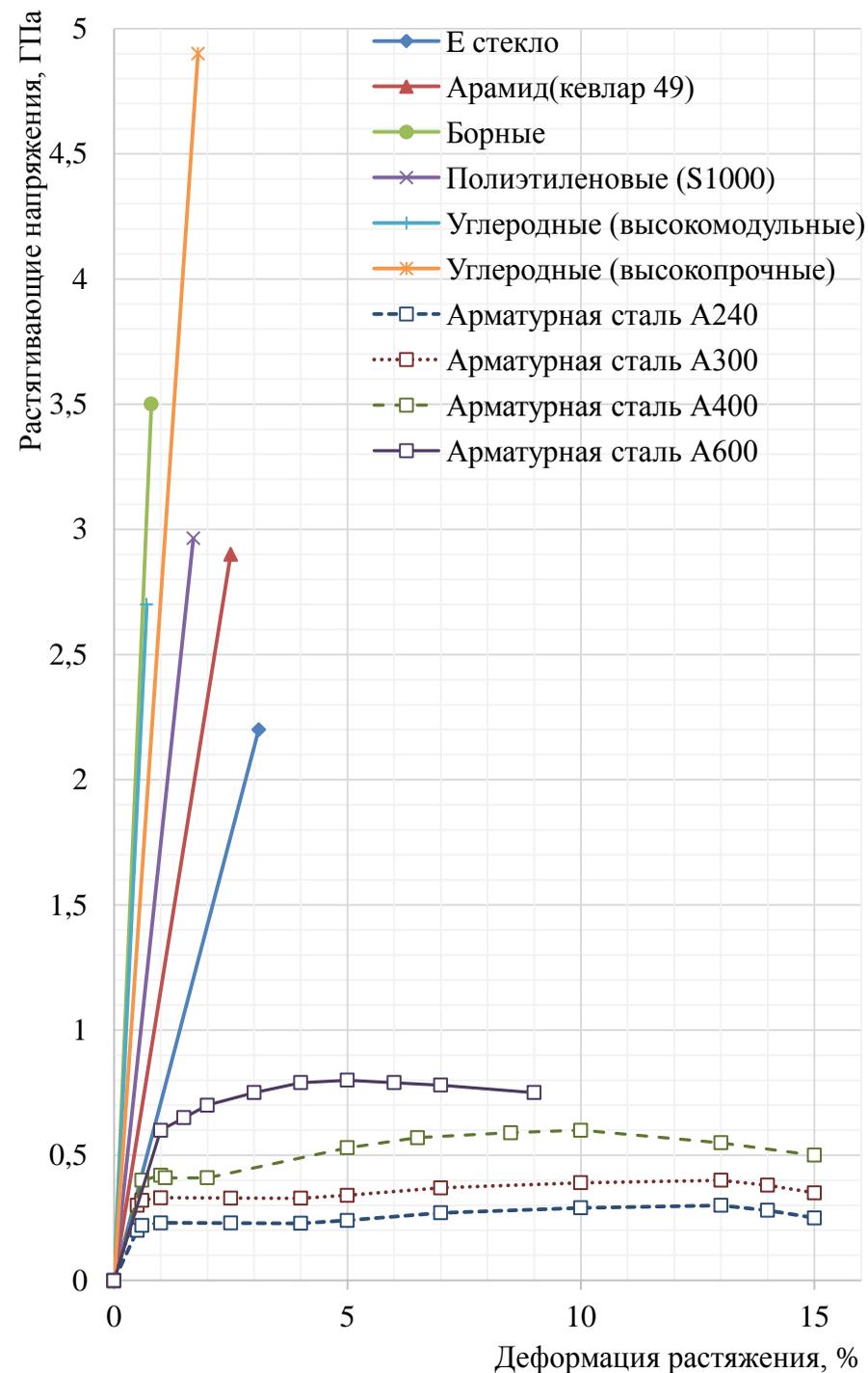
- Основоположник школы армированных деревянных конструкций
- С 1960-х годов проводил исследования влияния армирования на прочность и деформативность элементов деревянных конструкций





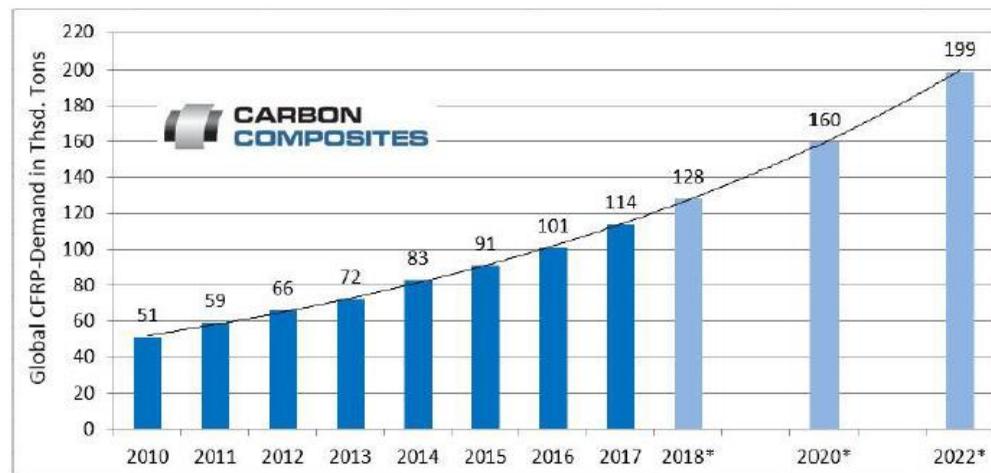
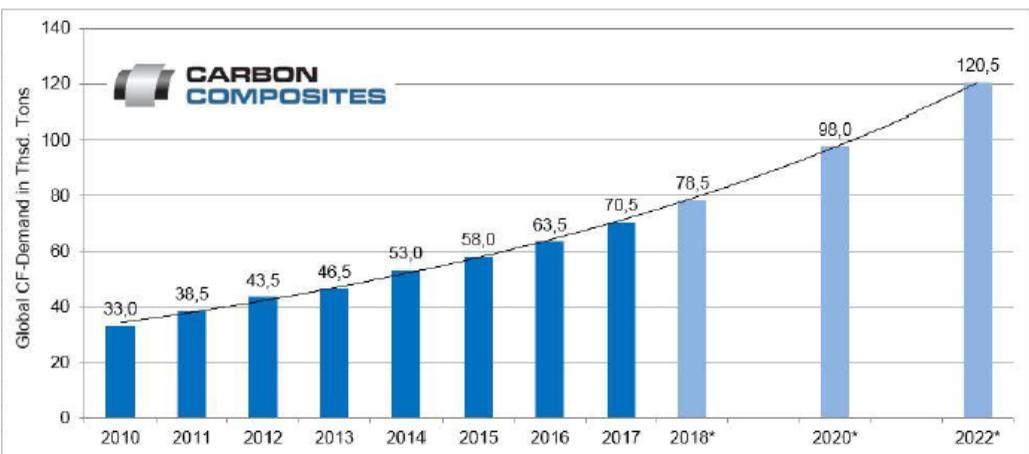
Характеристики различных армирующих материалов и полимерных матриц

Материал	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа	Деформация удлинения, %	Плотность, т/м ³
Стекловолокно «S»	4585	85	3,5-4,7	2,48
Базальтовое волокно	4100	110	3,5-4,7	2,8
Углеволокно (высокопрочное)	4300-4900	230-240	1,9-2,1	1,8
Арамид	3200-3600	124-130	2,4	1,44
Арматурная сталь класса А400	390	205	20-30	7.8

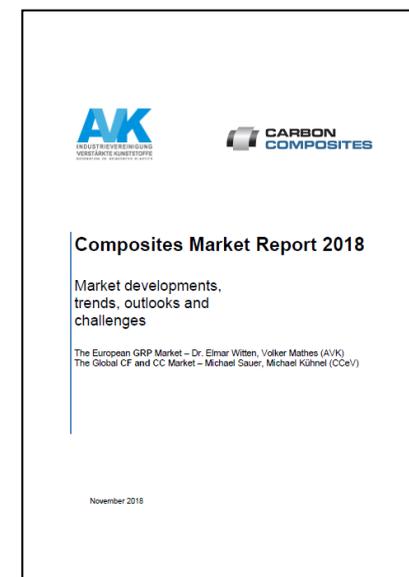
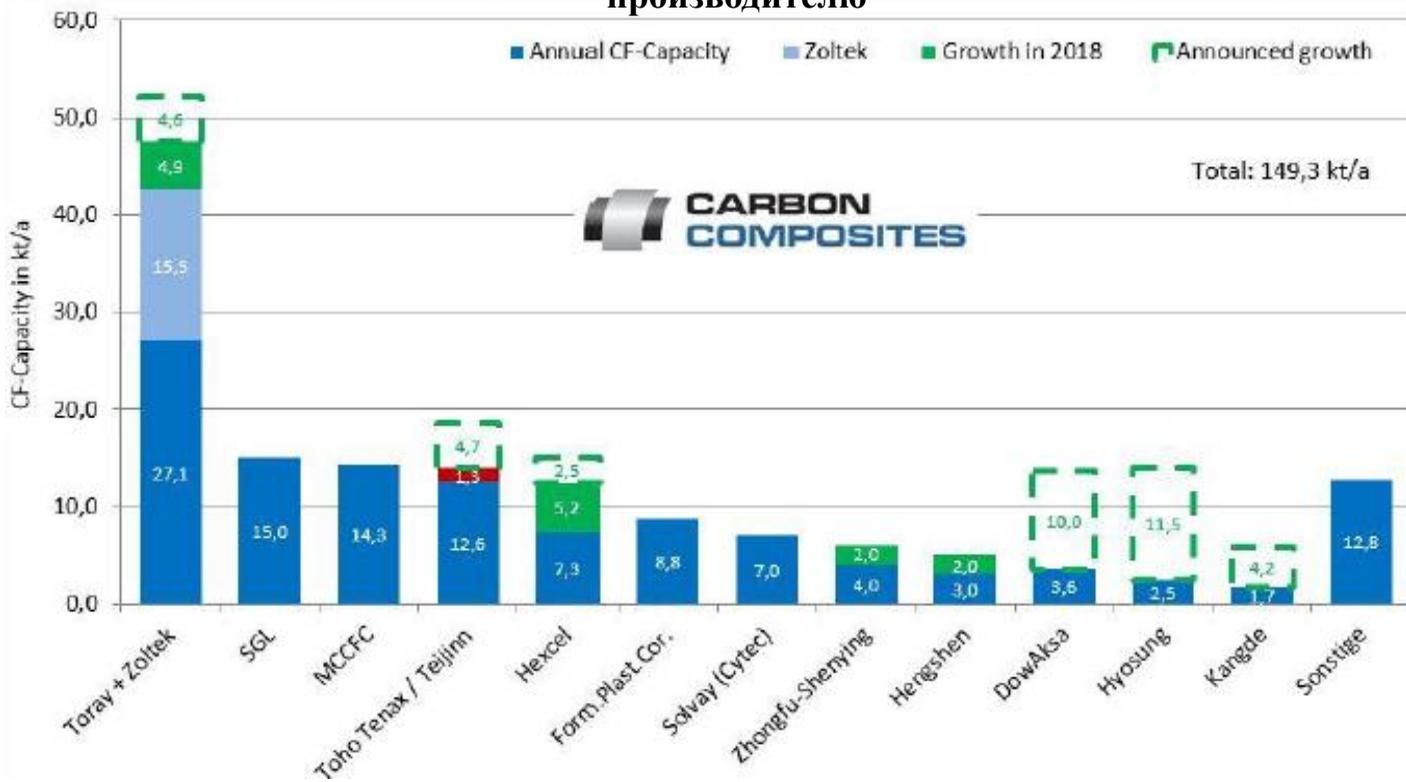


Потребность в углеволокне (CF) в тыс.т в мире по годам

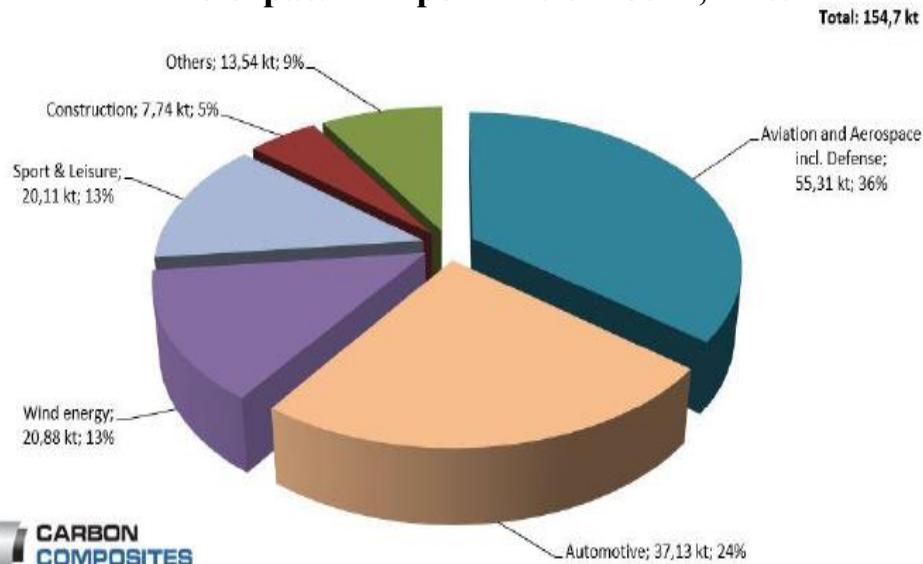
Потребность в углепластиках (CFRP) в тыс.т в мире по годам



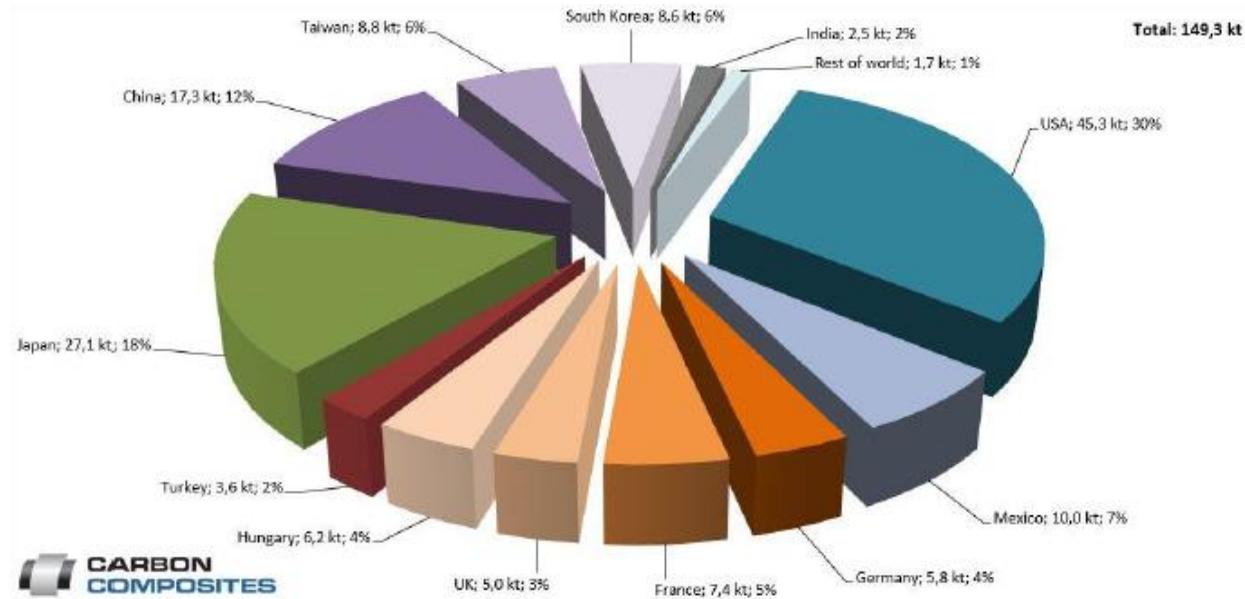
Теоретическая годовая мощность производства углеродного волокна в тыс.т по производителю



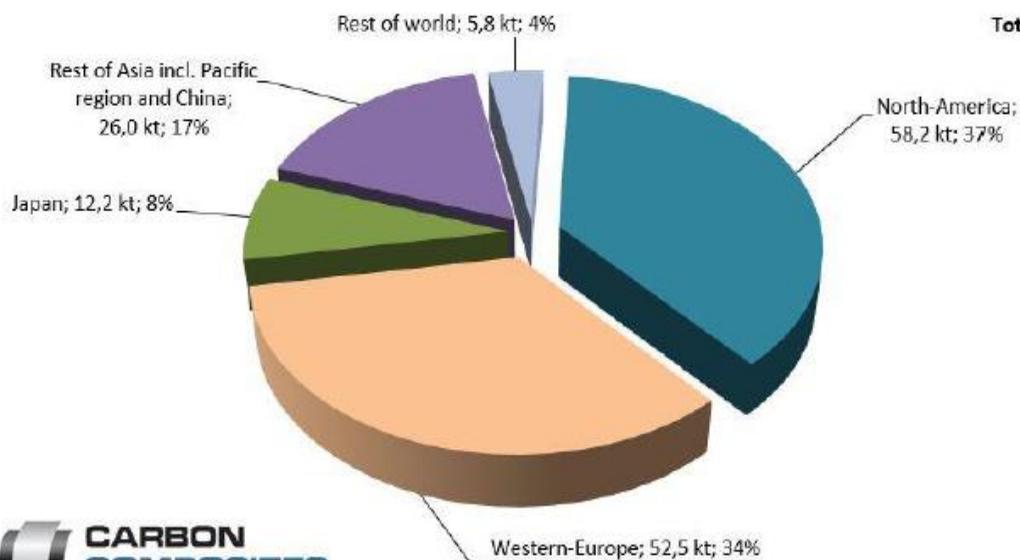
Структура мирового потребления углеродного волокна (CF) по отраслям промышленности, тыс.т



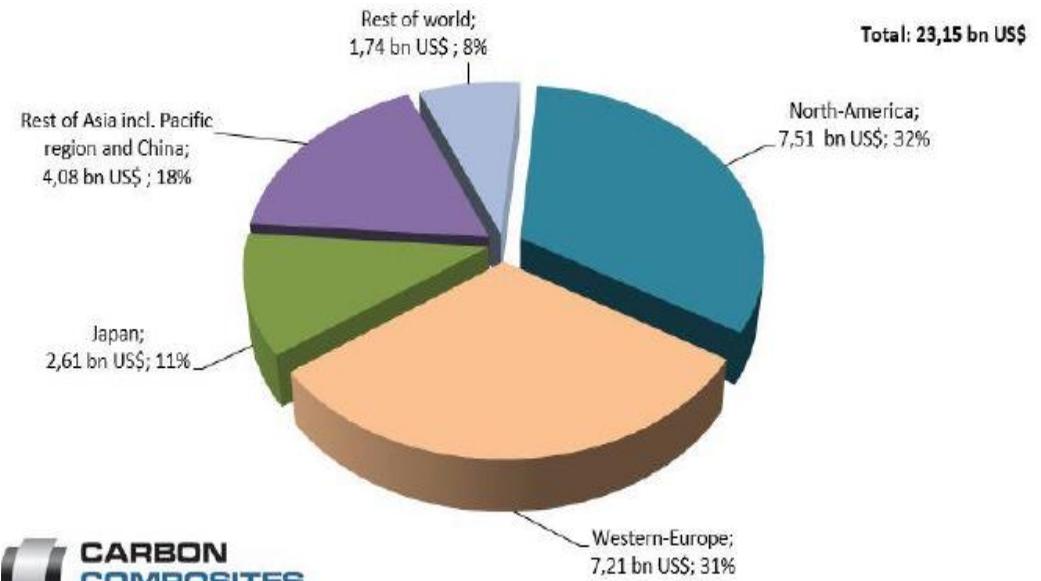
Структура потребления CF по регионам, тыс.т

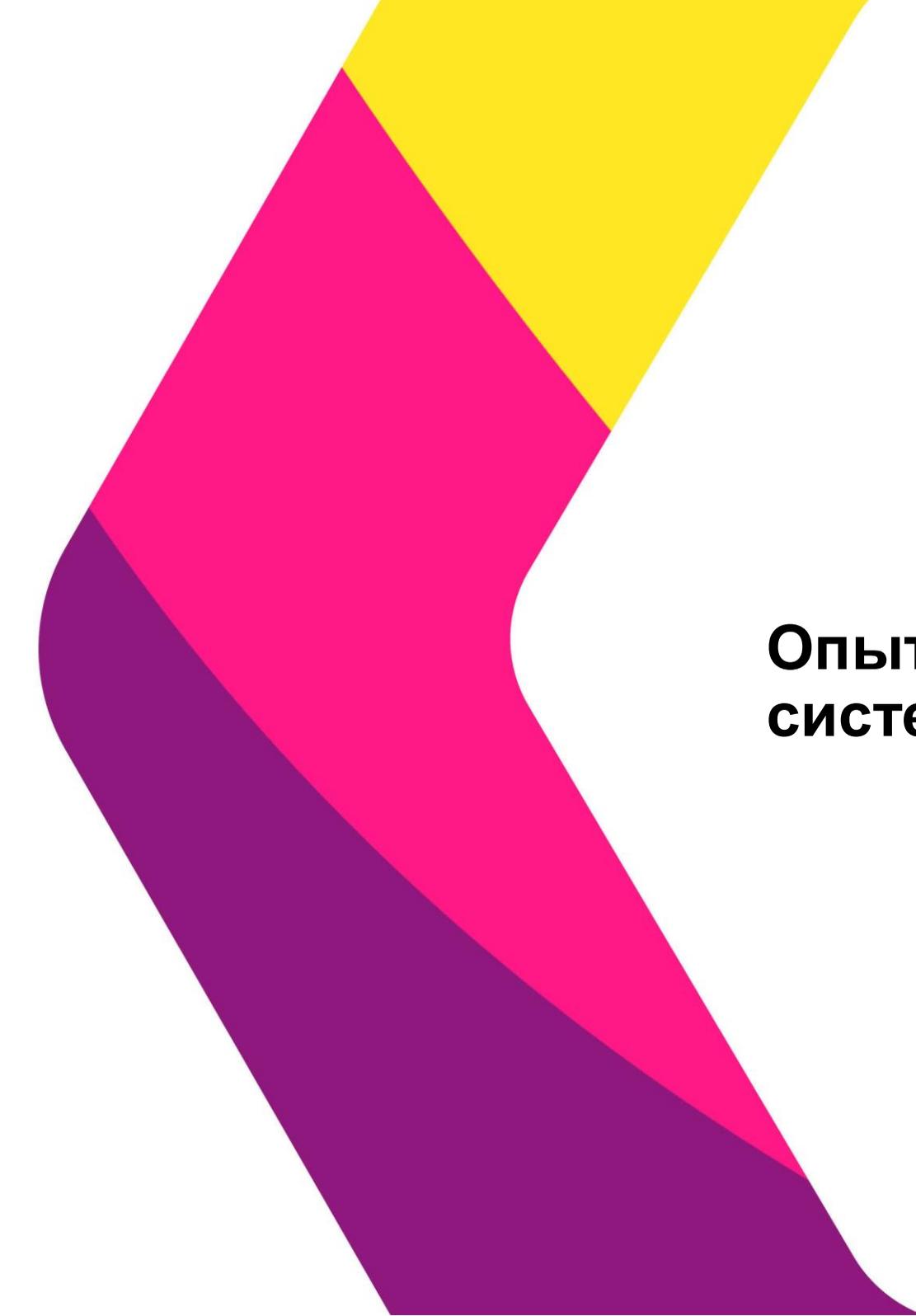


Структура потребления CC (carbon composites) по регионам, тыс.т

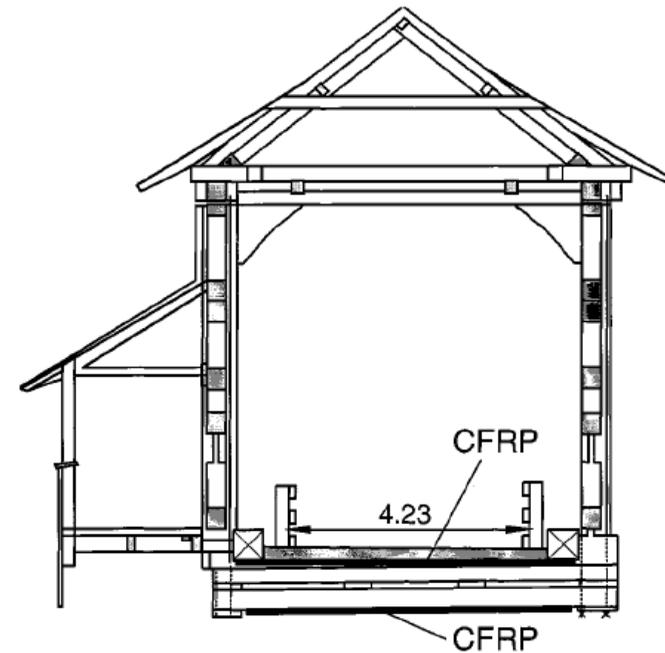


Объем рынка CC по регионам млрд. \$





Опыт применения композитных систем внешнего армирования





**Усиление деревянных конструкций здания
компании «SIAZ» в г. Тревизи, Италия. 2003г.**

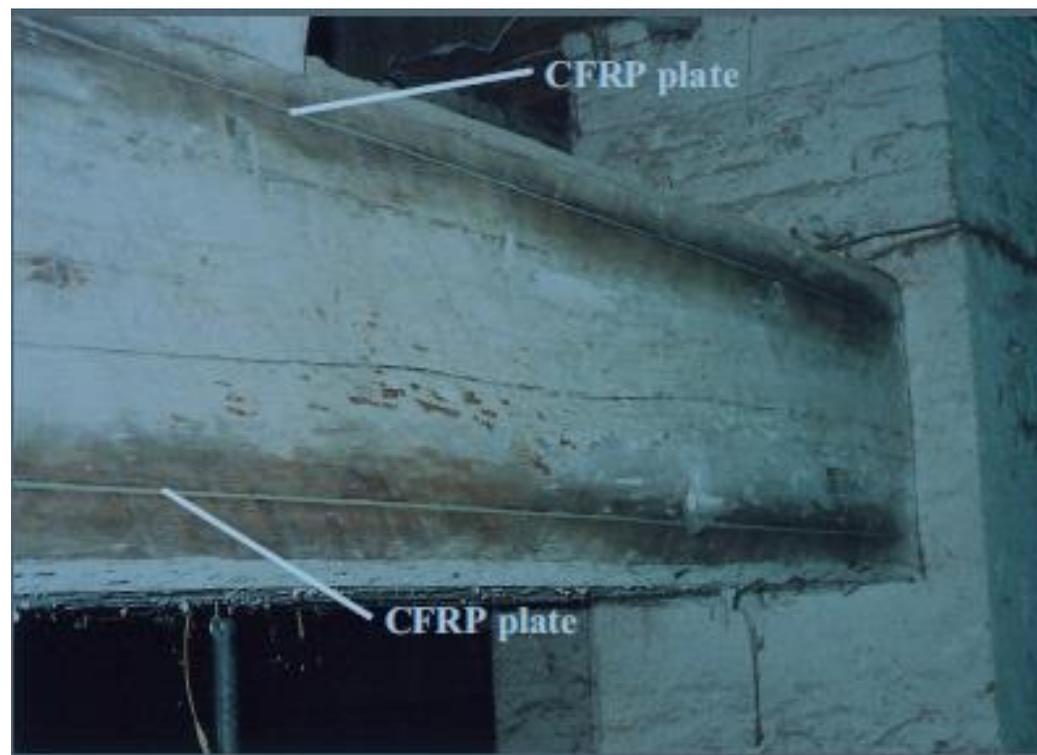
Балки перекрытия выполнены из древесины пихты
расположены на первом этаже складского здания ранее
используемого для хранения кукурузы.

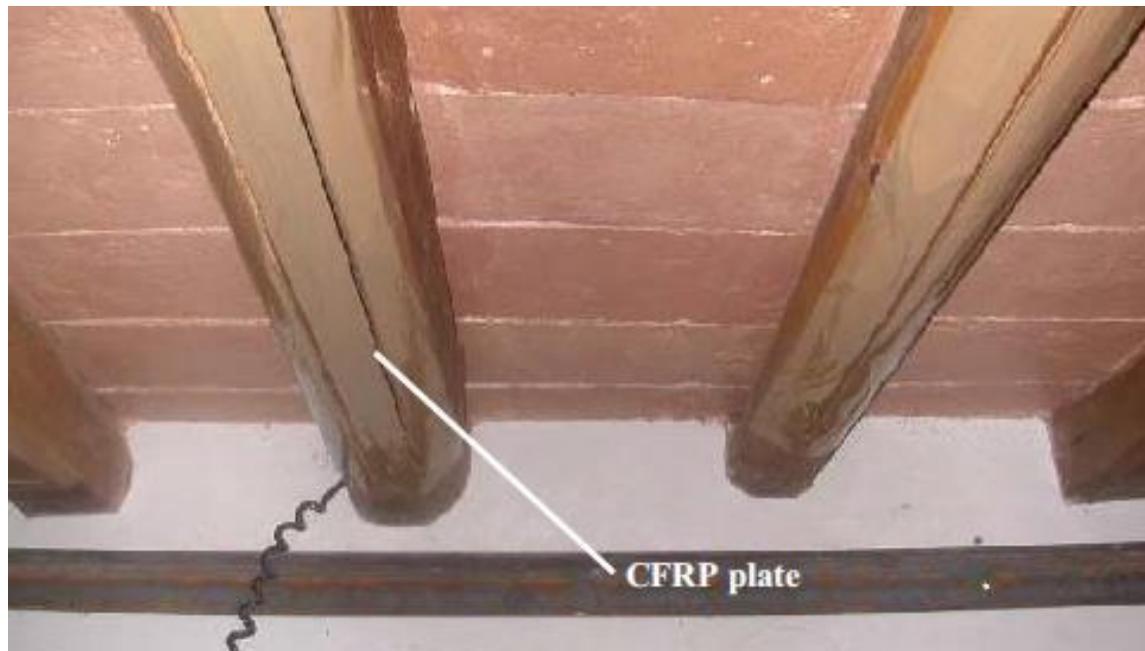
Усиление конструкций производилось под руководством
инженеров Giannantoni A., Menghini F. и профессора
Borri A.

**Усиление балок перекрытия дворца Палаццо Нобили,
ранее Банк Италии в г. Лукке, Италия. 2005г.**

Поражение отдельных участков балочной конструкции
насекомыми.

Выполнено усиление растянутой зоны балок перекрытия
ламинатами на основе углеродного волокна (CFRP) по
руководством инженеров M. Martinelli, Legno Piu. S.r.l

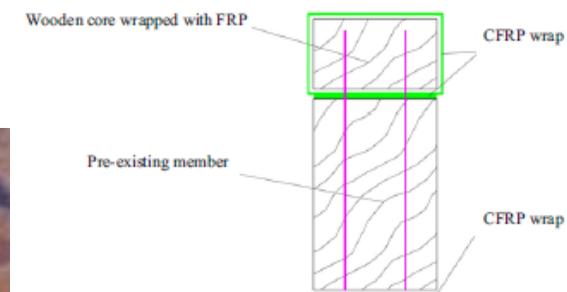




Усиление балок перекрытия резиденции в г. Сполето, Италия. 2003г.

Чрезмерные прогибы конструкции пола.

Усиление конструкций производилось путем клеивания ламелли на основе углеродного волокна в предварительно выбранные в конструкции пазы. Работы выполнены под руководством инженеров Giannantoni A., Menghini F. и профессора Borri A.



Усиление балочного перекрытия исторического здания в г. Лукка, Италия. 2004г.

Дефекты в виде трещин в балочных конструкциях при проведении ремонтных работ.

Усиление включало в себя использование однонаправленных углеродных лент в растянутой зоне и усиление сжатой зоны путем внедрения на клеенных стержнях дополнительной балочной конструкции в обойме из композитных углеродных материалов. Работы выполнены под руководством инженеров Giannantoni A., Menghini F. и профессора Borri A.



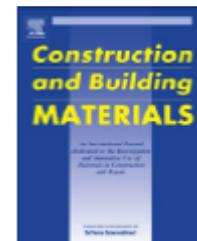
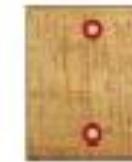


Отклонения геометрических размеров и необходимость увеличения нагрузок на перекрытие в рамках реконструкции.

Усиление выполнено путем наклеивание однонаправленных углеродных лент в растянутой зоне и установке дополнительных хомутов по длине конструкции.

Несущая способность элементов перекрытия увеличена на 27%, снижение деформативности – на 20%. Проект разработан инженерами Geshanov I. и Kachlakev D.







Дефекты, образовавшиеся при ненадлежащих условиях складирования и хранения конструкций.

Проект усиления разработан инженерами компании НИИ ВСУ «ИнтерТЭК».





Проблемы внедрения

Основные проблемы, препятствующие широкому внедрению композитных систем внешнего армирования деревянных конструкций

1. Отсутствие нормативной базы как следствие недостаточного объема исследований в данной области
2. Высокая стоимость полимерных композитов на основе углеродного и арамидного волокна по сравнению с традиционными материалами
3. Особенности анатомического строения древесины
4. Низкая огнестойкость композитных систем внешнего армирования
5. Иные

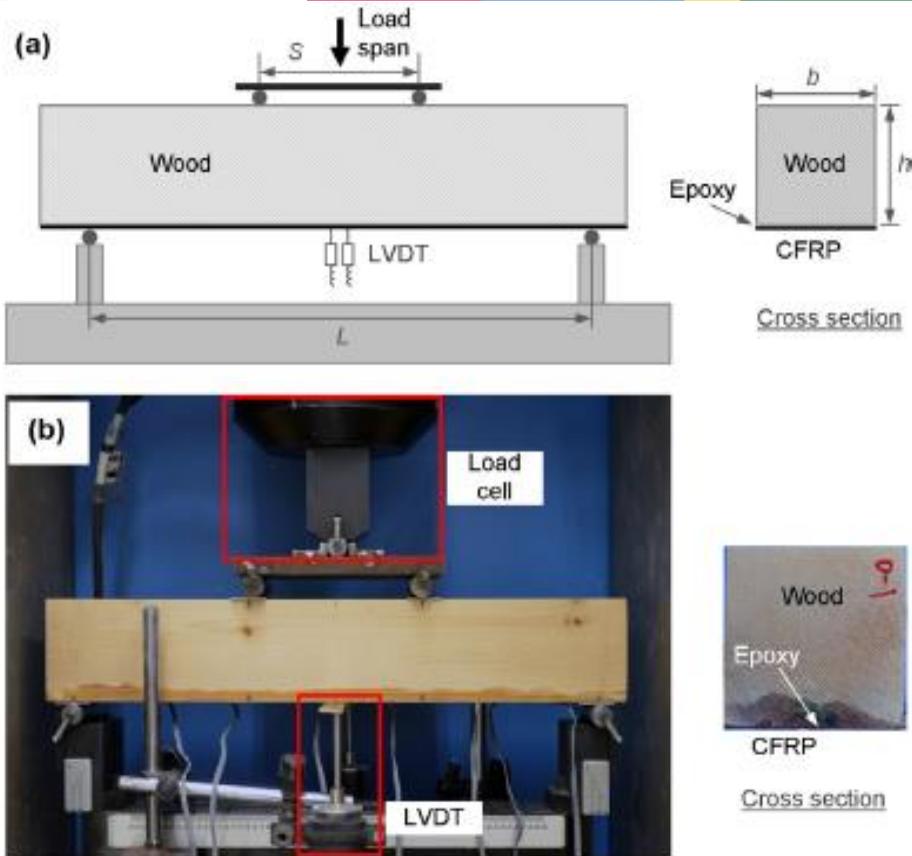


Fig. 2. (a) The schematic diagram; and (b) photo of four-point bending test setup.

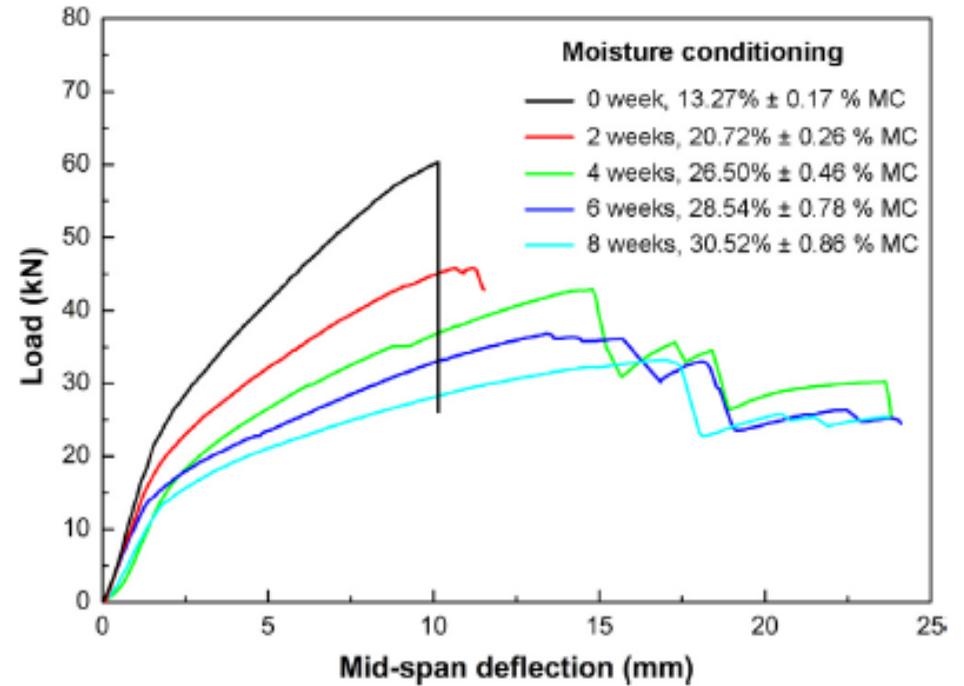
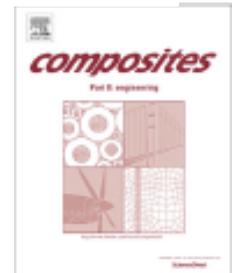
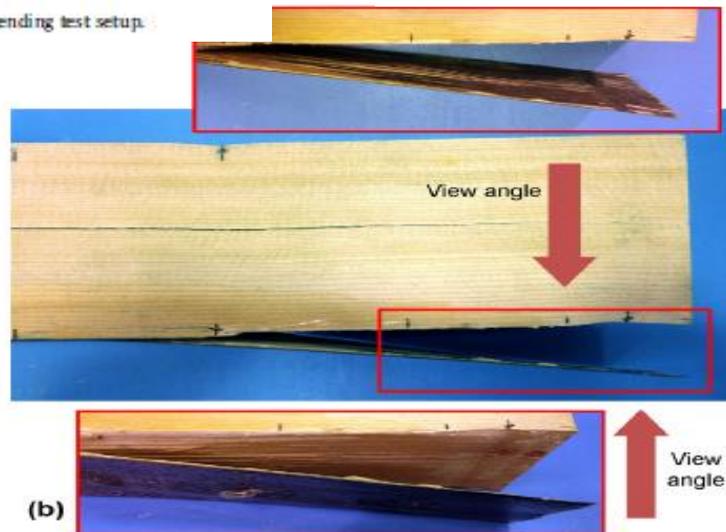
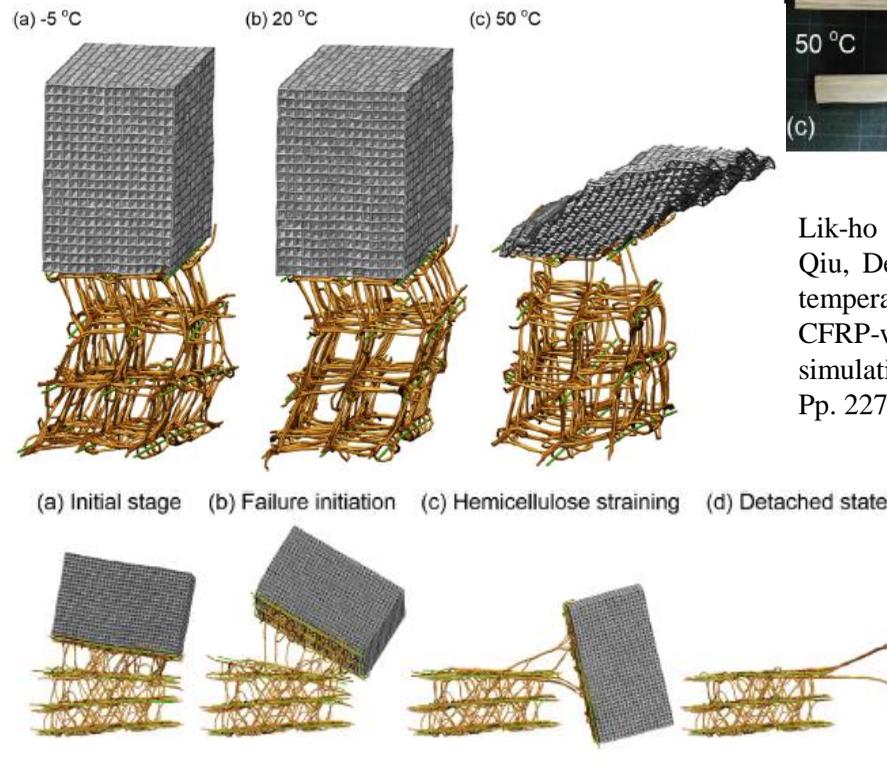
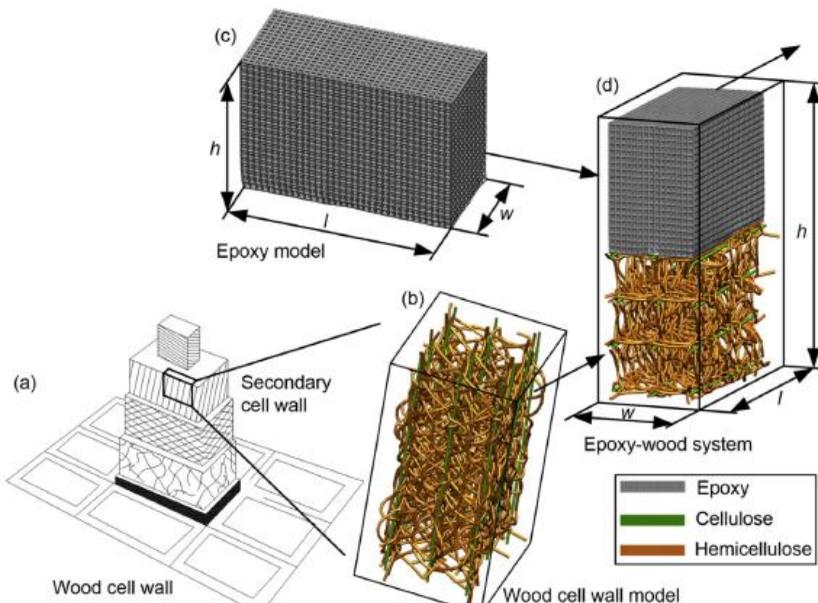
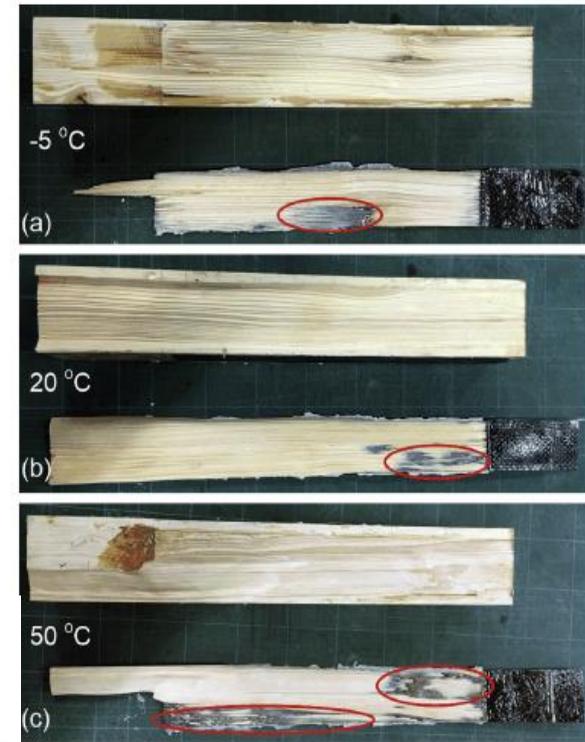
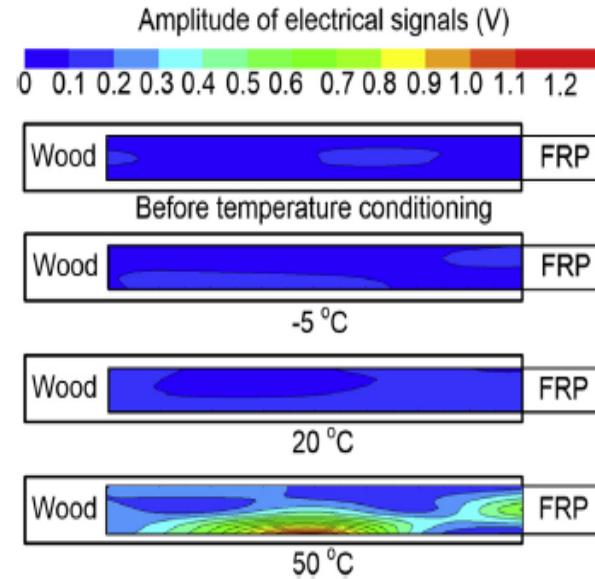
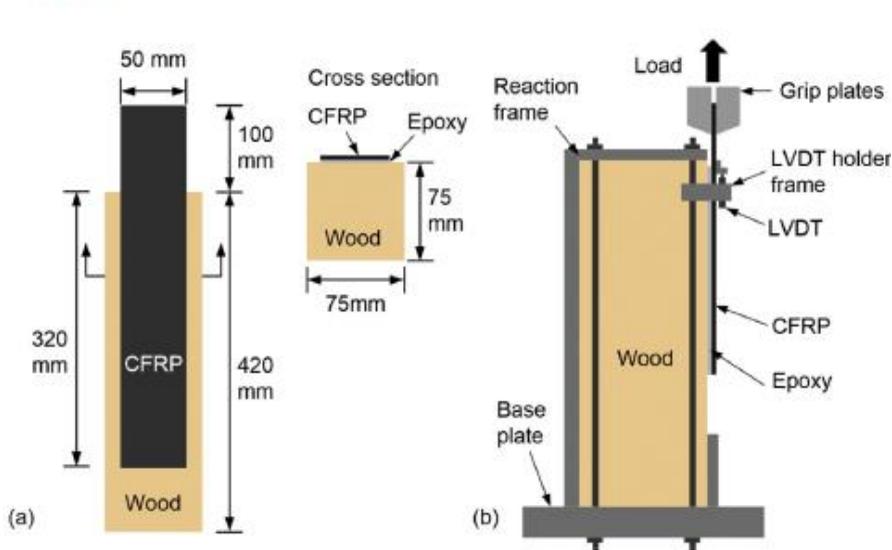


Fig. 5. The load-deflection relationship of CFRP-bonded wood samples after various moisture conditioning durations. The moisture content (MC) is also displayed.



Ao Zhou, Lik-ho Tam, Zechuan Yu, Denvid Lau. Effect of moisture on the mechanical properties of CFRP-wood composite: An experimental and atomistic investigation. *Composites:Part B*. 2015. No. 71. Pp. 63-73.



Lik-ho Tam, Ao Zhou, Zechuan Yu, Qiwen Qiu, Denvid Lau. Understanding the effect of temperature on the interfacial behavior of CFRP-wood composite via molecular dynamics simulations. *Composites:Part B*. 2017. No. 109. Pp. 227–237.



eНано

ЭЛЕКТРОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
ДЛЯ НАНОИНДУСТРИИ

Спасибо за внимание

-  117036, г. Москва, проспект
60-летия Октября, 10А,
-  Тел.: +7 495 988 53 88
-  E-mail: info@edunano.ru
-  www.edunano.ru