

ФОТОПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ РЕМОНТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Бабкин Олег Эдуардович

д.т.н., профессор

СПбГИКиТ

СПбГТИ (ТУ)

«S & H Technology», заместитель директора по развитию

e-mail: obabkin@rambler.ru

Композиционные материалы



Схема, показывающая стадии процесса пултрузии



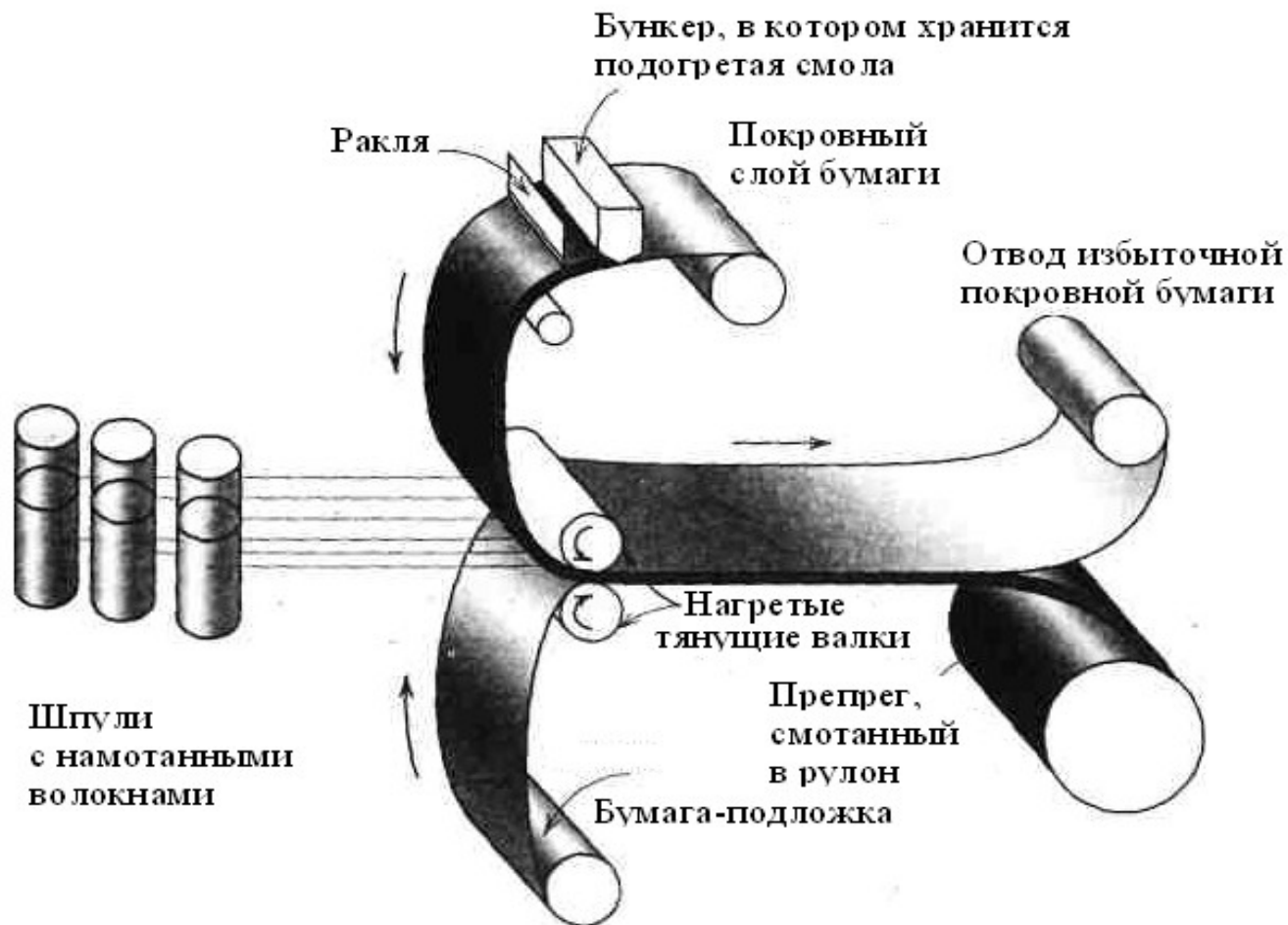


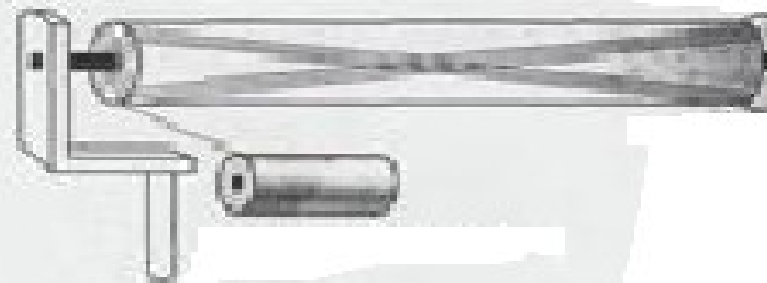
Схема производства препрегов с термореактивной смолой
в качестве связующего в виде лент



Намотка по спирали



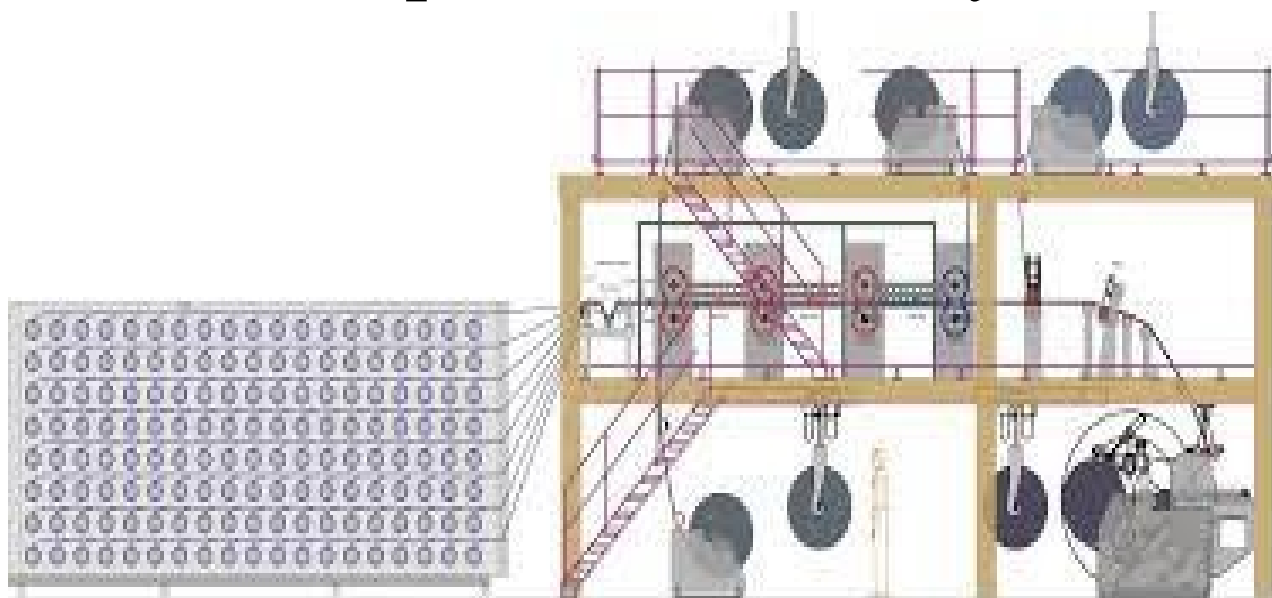
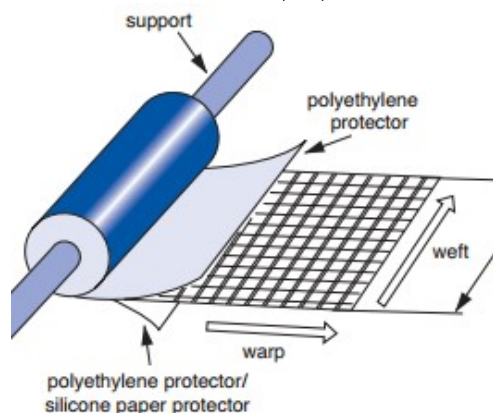
Намотка по окружности



Перекрестная намотка

Производство препрегов

в США, Европе и Азии производят машины, которые рассчитаны на массовый рынок относительно простых и дешёвых препрегов на основе стеклотканей, углеродных волокон и эпоксидных либо эпоксифенольных связующих.



Технические характеристики препрегов

на основе эпоксидных / эпоксифенольных
связующих :

Основа: углеродная ткань, углеволокно

Поверхностная плотность ткани: 80-1000 г/м²

Материал покрытия: термоактивные смолы

Содержание связующего: 30-50%

Точность покрытия смолой: +/-0,5% при 50 г/м²

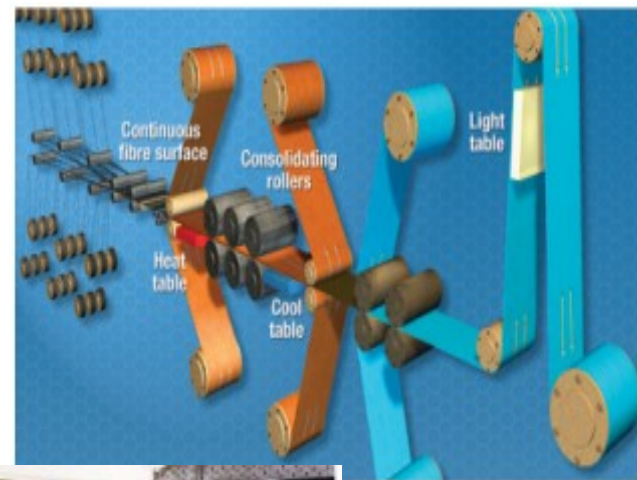
Типовой цикл отверждения традиционных препрегов:

Температура отверждения от 125 до 180°C

Время отверждения от 90 до 120 мин.

Преимущества UV-технологии:

- короткий цикл производства (сек/мин)
- прочностные свойства материала достигаются в процессе технологического цикла производства (не требуется операция длительной высокотемпературной обработки);
- не требуется больших энергозатрат и дорогостоящего оборудования;
- достигается высокое качество;
- возможность изготовления препрега на существующих машинах.



Отверждение покрытий электромагнитным излучением





- **Первая** цепная полимеризация, инициированная УФ-светом, была проведена в древности, на египетских мумиях
- **1967 г.** – использование УФ-композиций на основе ненасыщенных полиэфиров в промышленном масштабе (*инициатор – бензоиновые эфиры, мощность ртутных ламп – до 1,0 Вт/см, отверждение – 5 минут*)
- **1975 г.** – в Европе > 100 установок, в США – 81. производство – 5 000 т/год



- **1980-е г.г.:**
 - ✓ **мощность ламп до 80 Вт/см**
 - ✓ **акриловые олигомеры**
 - ✓ **фотоинициаторы:**
 - гидроксициклогексилфенилкетон*
 - 2-гидрокси-2-метилфенилпропанон*
 - ✓ **скорость конвейера до 20 м/мин**
- **1990-е г.г.**



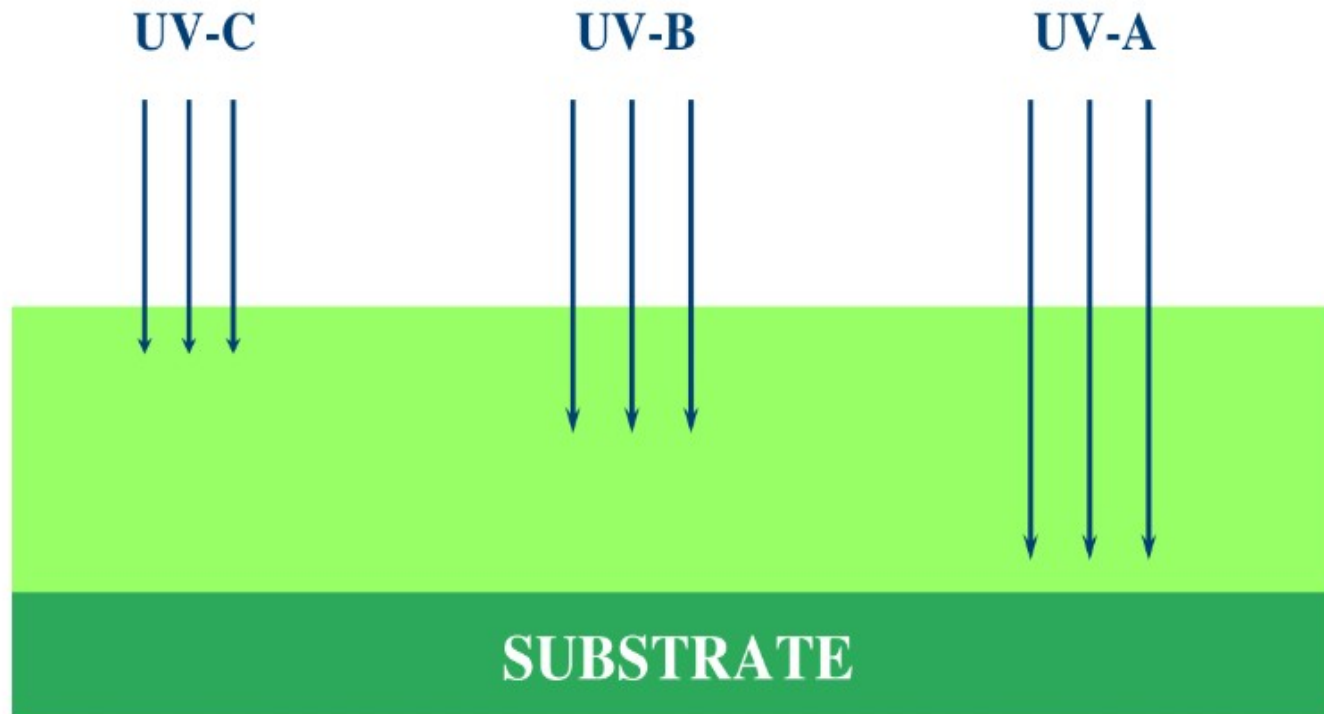
Фотостереолитография

УФ-пленкообразователи для радикальной полимеризации

- Эпоксиакрилаты
- Эпоксиэфиракрилаты
- Полиэфиракрилаты
- Ненасыщенные полиэфирсы
- Уретанакрилаты
- Уретанакрилаты двойного отверждения

Penetration of UV Light

Longer wavelengths penetrate deeper into the ink or coating than shorter wavelengths. Lamps and photoinitiators have to be chosen accordingly.



Состав композиционных материалов

Смолы для UV отверждения

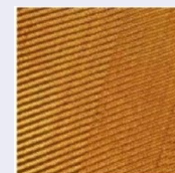


Виды армирующих материалов

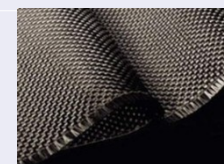
Стекланные волокна



Органические



Углеродные

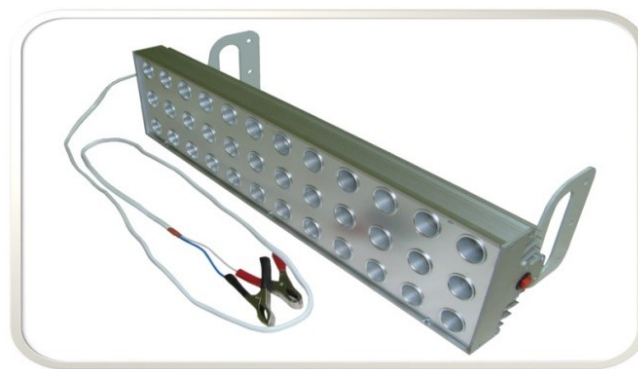


Виды армирующих тканей

Вид ткани	Разрывная нагрузка, Н (кгс)	Поверхностная, плотность, г/м ²	Толщина, мм
Стеклоткань	588	110	0,1 (x5)
Углеткань	1800	320	0,5
Арамидная ткань	2450	160	0,5



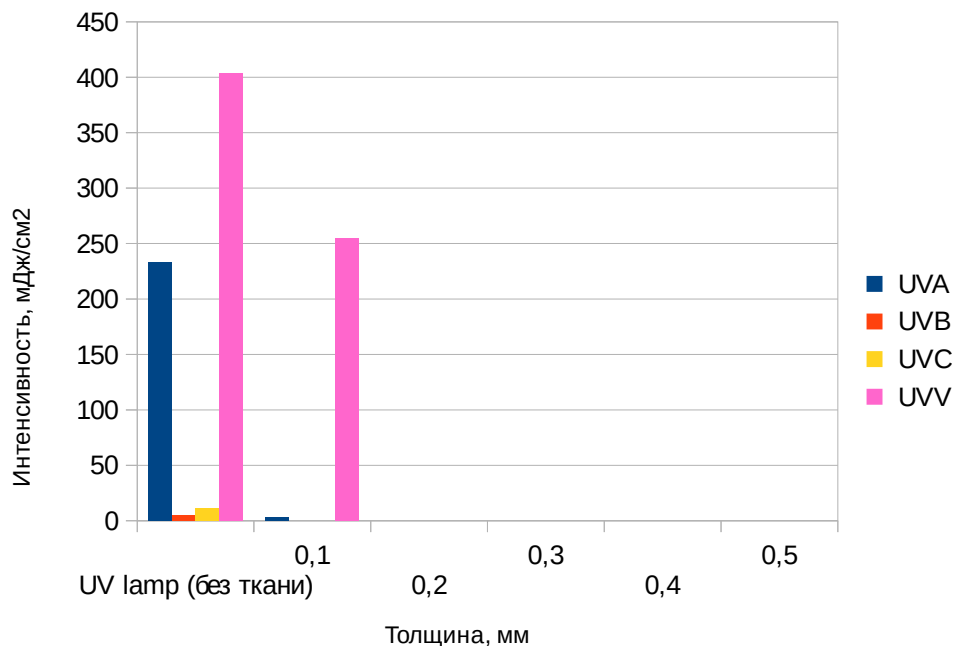
Ртутный UV источник излучения



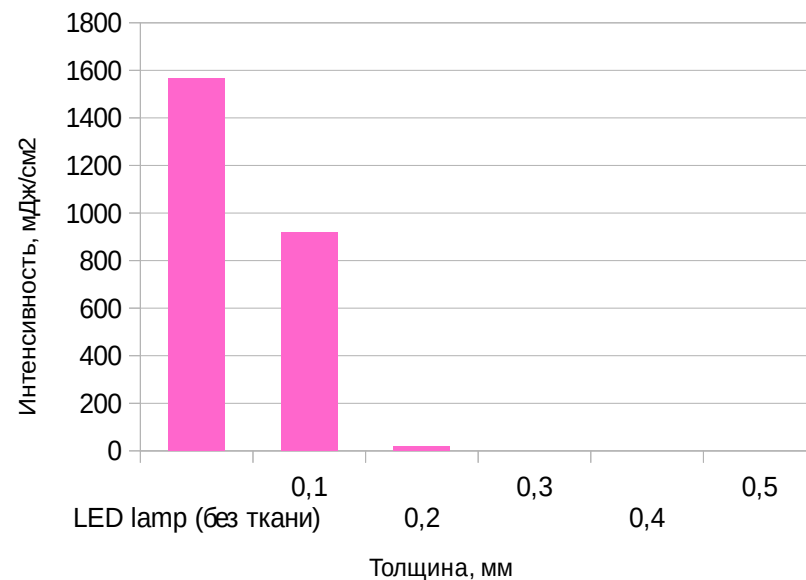
LED UV источник излучения

Интенсивность излучения квантов света источников излучения через стекловолокно

UV источник излучения



UV LED источник излучения



Толщины стеклоткани 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мм

Характеристика наполнителей, используемых в LED отверждаемых композиционных материалах

Наполнитель		S, м ² /г	D, мкм	pH	Содержание SiO ₂ после прокаливания, %	Поверхность	Содержание влаги, %
№ п / ц	Торговая марка						
1	Aerosil R 805	150	0,012	3,5-5,5	≥99,8	Гидрофобная	≤0,5
2	Haisun B616	-	5,5	5,5-7,0	≥98,5	Гидрофобная, хим. обработанная	≤5,0
3	Haisun B618	-	6,5	5,5-7,0	≥98,5		≤5,0
4	Haisun B520	-	7,0	5,5-7,0	≥98,5		≤5,0
5	Haisun UK708	-	7,0	3,5-6,0	≥98,5		≤5,0
6	Zeothix 95	180	7,0	7,0	-	Гидрофобная	≤5,0

Некоторые характеристики АФК

Наполнитель			Степень наполнения, мас. %		
			7,4	14,7	22,0
№ п /п	Марка	(D, мкм)	Технологичность при пропитке стекловолокна		
1	Aerosil R 805	0,012	Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака		Пропитывает стекловолокно, значительная вязкость лака
2	Haisun B616	5,5	Пропитывает стекловолокно, низкая вязкость лака		Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака
3	Haisun B618	6,5	Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака		Пропитывает стекловолокно, значительная вязкость лака
4	Haisun B520	7,0	Пропитывает стекловолокно, низкая вязкость лака		Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака
5	Haisun UK 708	7,0	Пропитывает стекловолокно, низкая вязкость лака	Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака	
6	Zeothix 95	7,0	Пропитывает стекловолокно, средняя вязкость лака	Пропитывает стекловолокно, значительная вязкость лака	
Наполнитель			Степень наполнения, мас. %		
			7,4	14,7	22,0
№ п /д	Марка	(D, мкм)	Литкость отвержденного покрытия, балл		
1	Aerosil R 805	0,012	2	2	3
2	Haisun B616	5,5	1	1	1
3	Haisun B618	6,5	1	2	3
4	Haisun B520	7,0	1	1	1
5	Haisun UK 708	7,0	1	1	2
6	Zeothix 95	7,0	1	2	2

САМПОЛ



- Мобильный ультрафиолетовый светодиодный облучатель предназначен для осуществления точечного ремонта изделий из стеклопластика, металла и т.п. в "полевых" условиях с применением УФ-отверждаемых полиэфирных или эпоксивинилэфирных смол.

Высокая мощность светового потока, что позволяет отверждать реактопласты толщиной до 12 мм.

Работает в безвредном диапазоне УФ-А свечения (390-410 нм).

Возможность электрического питания от сети 220В и 12В.

Большое рабочее расстояние до обрабатываемой поверхности (от 0,5 до 1 м).

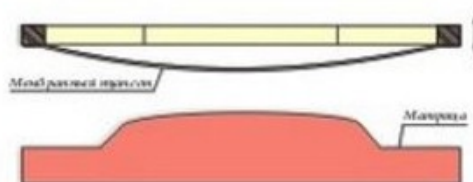
Относительно малый вес при имеющейся рабочей площади засветки.

Технические характеристики мобильного ультрафиолетового светодиодного облучателя

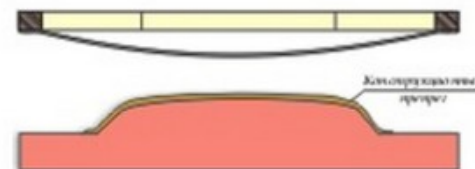
Длина волны светодиодов	390 – 410 нм
Угол расхождения светового потока	12°
Номинальная потребляемая мощность	100 Вт
Рабочий ток светодиодов	700 мА
Питание	12В
Габаритные размеры (Д x Ш x В)	515 x 126 x 160
Вес облучателя	3,37 кг

Препреги для формования УФ-отверждением

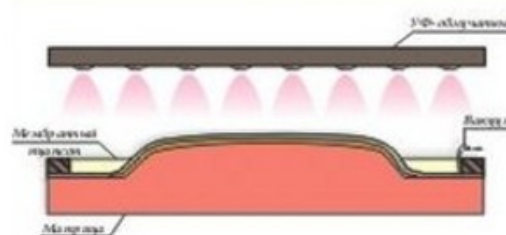
Формообразующая матрица и
мембранный пуансон



Укладка препрегов



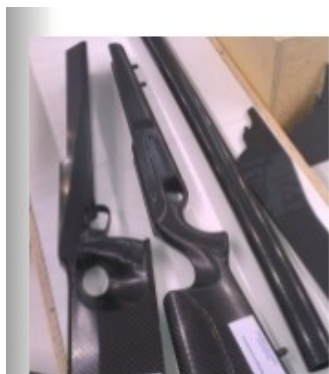
УФ-формование детали
(скорость отверждения:
1-2 мин / мм)



Готовая деталь



Сферы применения КМ



Военная техника



Спортивное
оборудование



Авиация



Строительство



Машино
строение



КМ

Медицина

Преимущества применения фотополимеризующихся составов

- короткий цикл формирования покрытия;
- высокое качество получаемого покрытия;

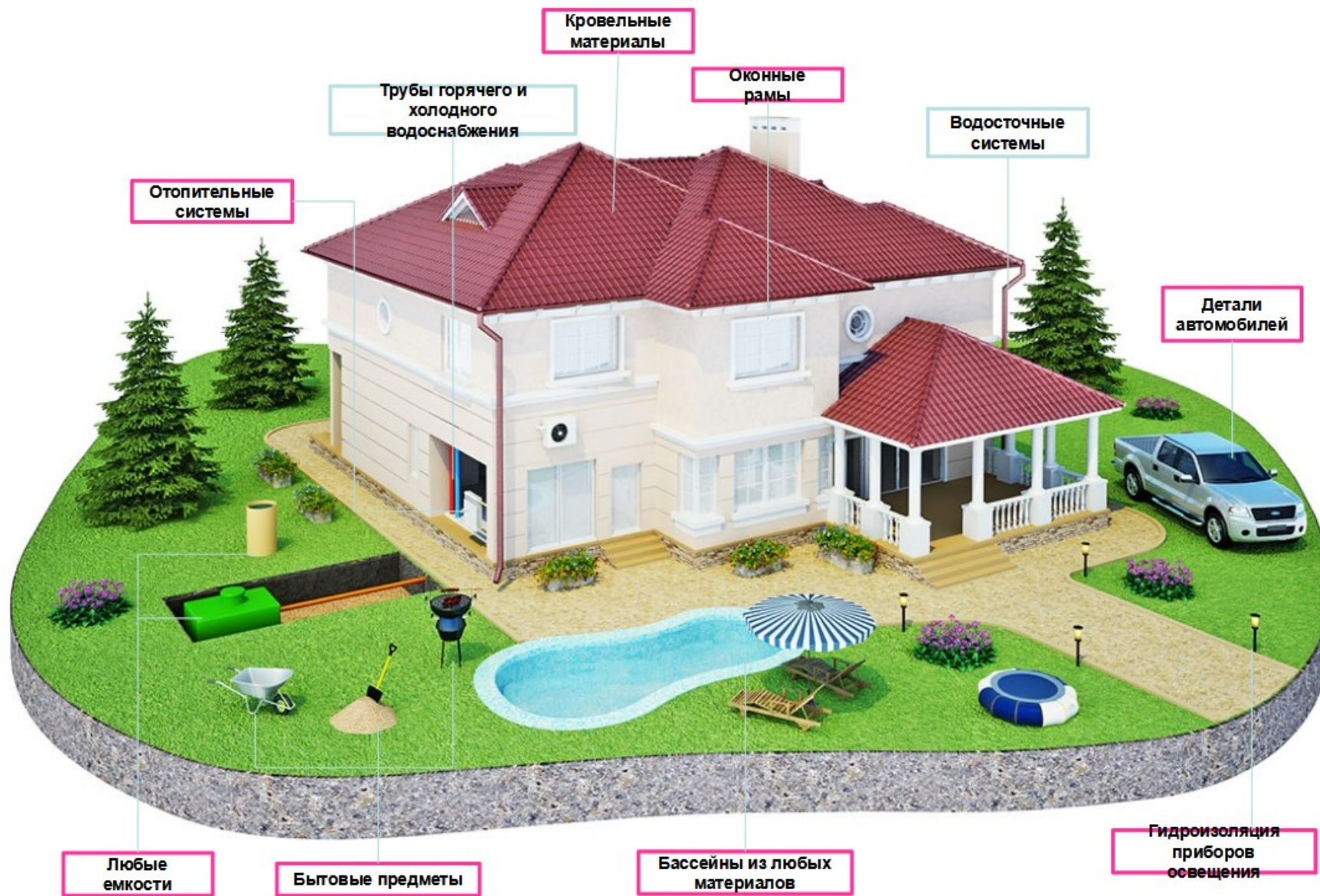
- увеличение скорости монтажа;
- отсутствие летучих органических растворителей;

- повышенная огнепрочность;
- температурный диапазон работ ???

Фотополимерные композиционные материалы обеспечивают ремонт:

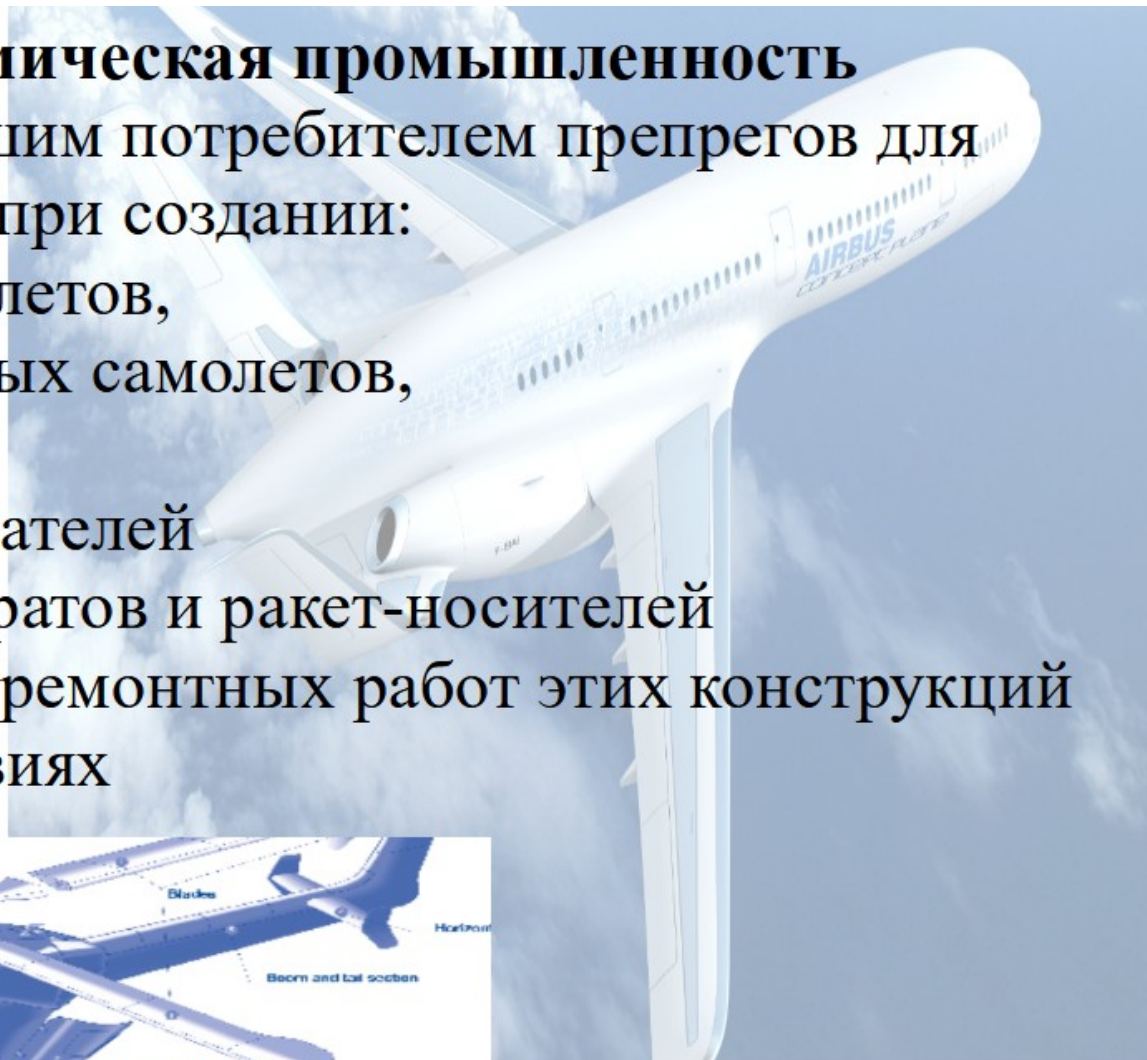
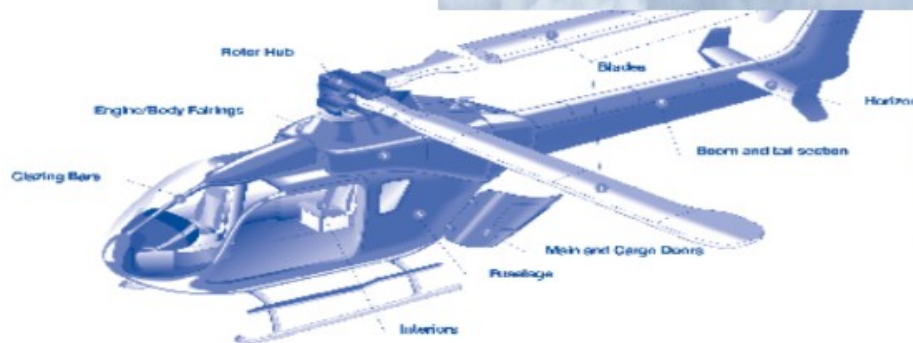
- на предприятиях нефтегазовой промышленности;
- инженерных коммуникаций различного назначения и на различных подложках (металл, пластик, стеклопластик и т. д.);
- авиа- и космических аппаратов в «полевых» условиях;
- корпусных изделий любых наземных транспортных средств;
- предметов быта.





Авиационно-космическая промышленность является крупнейшим потребителем препрегов для использования их при создании:

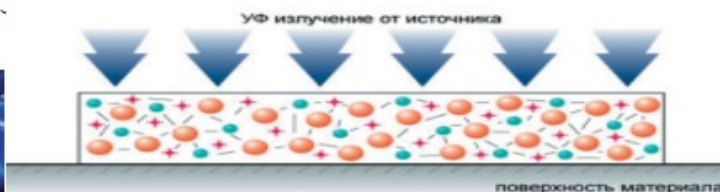
- гражданских самолетов,
- военных реактивных самолетов,
- вертолетов,
- авиационных двигателей
- космических аппаратов и ракет-носителей
- для производства ремонтных работ этих конструкций в «полевых» условиях



UV-метод для ремонта инженерных конструкций

Применение композиционного ремонтного полотна для устранения повреждения:

- ▶ зачищается участок металла с повреждением
- ▶ на повреждение накладывается раскрой тканного/нетканного UV-отверждаемого композита необходимого размера;
- ▶ под воздействием излучения происходит отверждение связ





Санкт-Петербургский государственный технологический институт



ИНСТИТУТ
КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**

**THANK YOU FOR
ATTENTION**