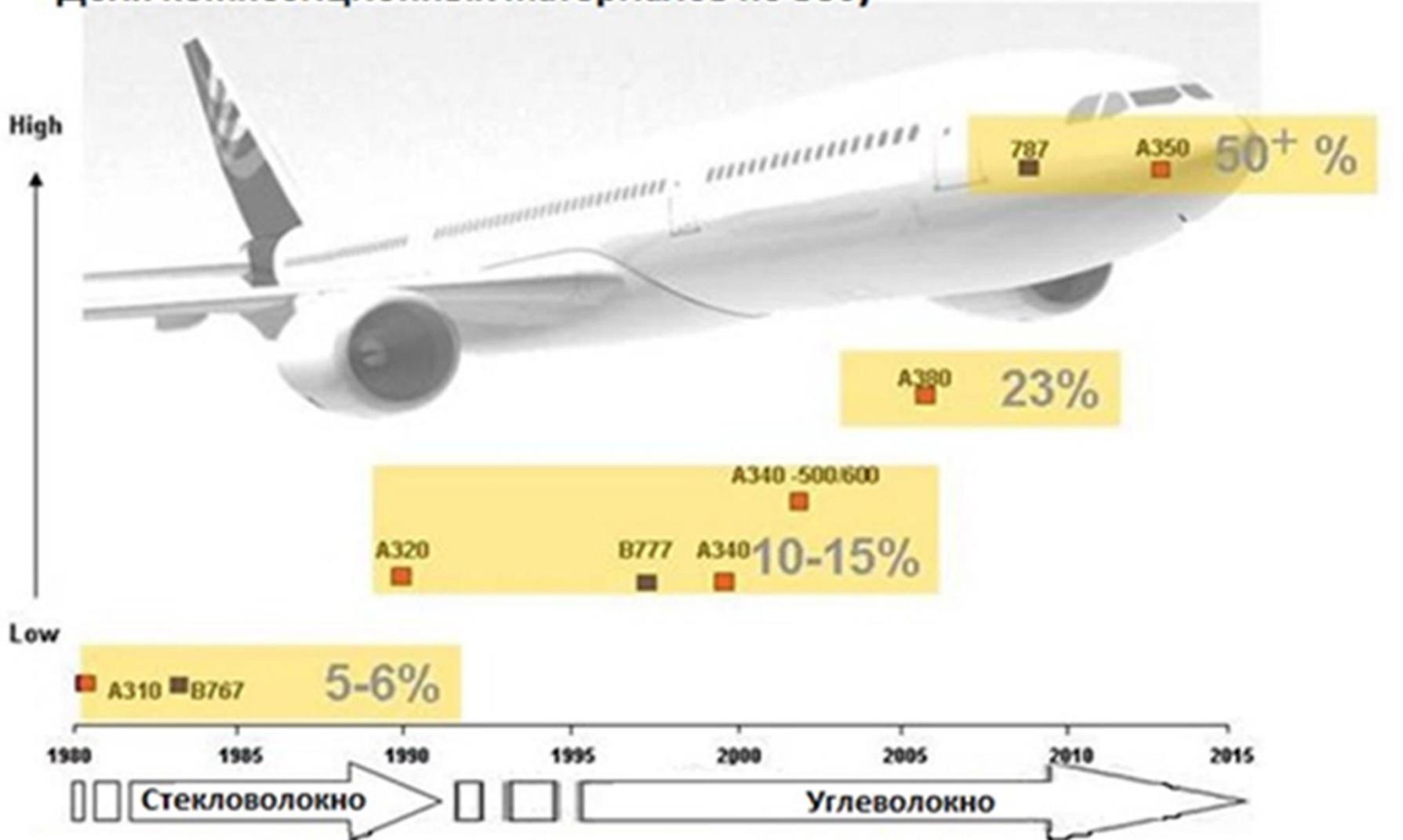


МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

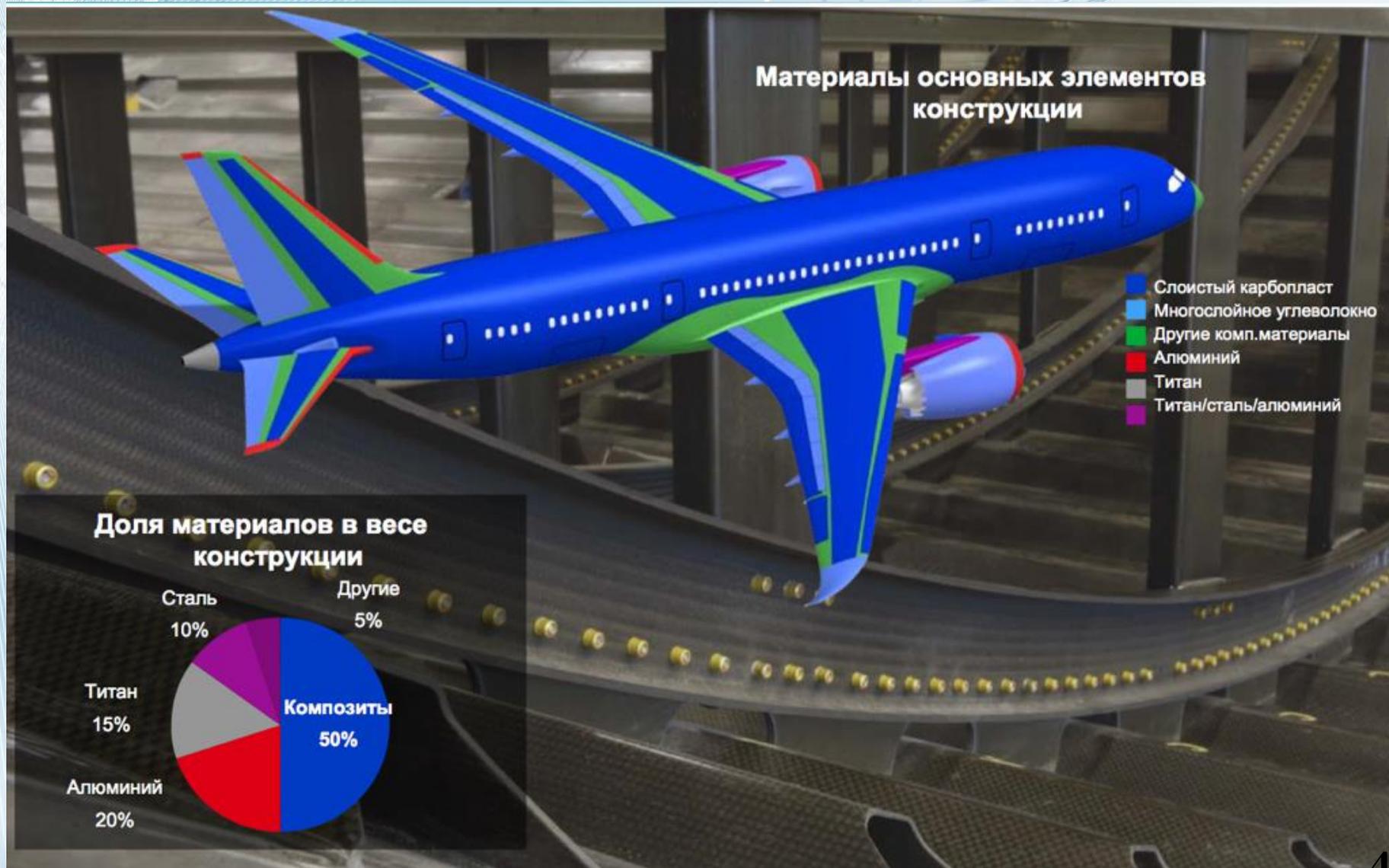
РАЗДЕЛ 1 - АВИАСТРОЕНИЕ

ИСТОРИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ В КОНСТРУКЦИИ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ

Доля композиционных материалов по весу



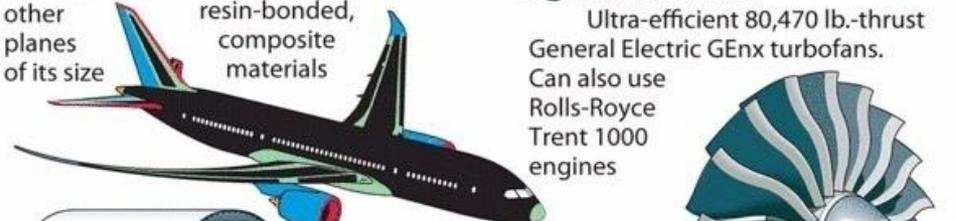
МАССОВАЯ ДОЛЯ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА СОВРЕМЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА



Boeing Dreamliner finally takes to the skies

After two years of delays, Boeing's newest aircraft, the 787 Dreamliner, is making its maiden flight. The lightweight carbon and titanium plane promises to save airlines million of dollars in fuel and maintenance costs.

INTERIOR: Composite structure allows higher cabin pressure and humidity. Dynamic LED lighting simulates transition from daylight to night sky.



One-piece carbon-fiber fuselage barrel – largest composite pressure vessel ever made – replaces 1,200 sheets of aluminium and 40,000 rivets

SOURCE: Boeing © GRAPHIC NEWS

О КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ В КОНСТРУКЦИИ БОИНГА-787 «DREAMLINER»

- массовая доля композитных материалов в конструкции планера составляет 50%;
- использование композиционных материалов позволило повысить экономичность самолета, понизив расход топлива на 20%;
- изготовление фюзеляжа как цельной композитной конструкции позволило заменить одной деталью 1 200 листов алюминия и 40 000 заклепок;
- полностью композитные лопасти вентилятора обеспечивают значительное уменьшение веса авиадвигателя и практически не требуют обслуживания.

ПРОЕКТ СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО БЛИЖНЕ-СРЕДНЕМАГТСТРАЛЬНОГО САМОЛЕТА MC-21



МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОНСТРУКЦИИ ПРОЕКТА СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА МС-21

МС-21 КООПЕРАЦИЯ

ИНТЕРЬЕР

- «Авиастар-СП» (Ульяновск, Россия)
- C&D (Франция)

АВИОНИКА

- Концерн «Авионика» (Россия)
- «Авиаприбор-Холдинг» (Россия)
- Rockwell Collins (США)
- Goodrich AS (Франция)

ШАССИ

- «Гидромаш» (Россия)

СИСТЕМЫ

- Hamilton Sundstrand (США)
- НПО «Наука» (Россия)
- Zodiac Aerospace (Франция)
- Eaton (США)

ПЛАНЕР

- Иркутский авиационный завод (Россия)
- «Авиастар-СП» (Ульяновск, Россия)
- ВАСО (Воронеж, Россия)

КРЫЛО И ХВОСТОВОЕ ОПЕРЕНИЕ

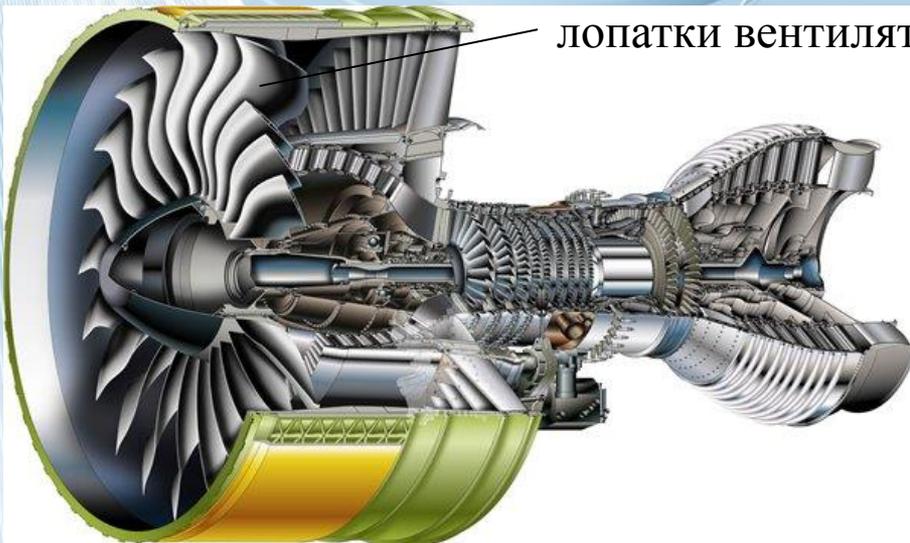
- «Аэрокомпозит» (Россия)

ДВИГАТЕЛИ

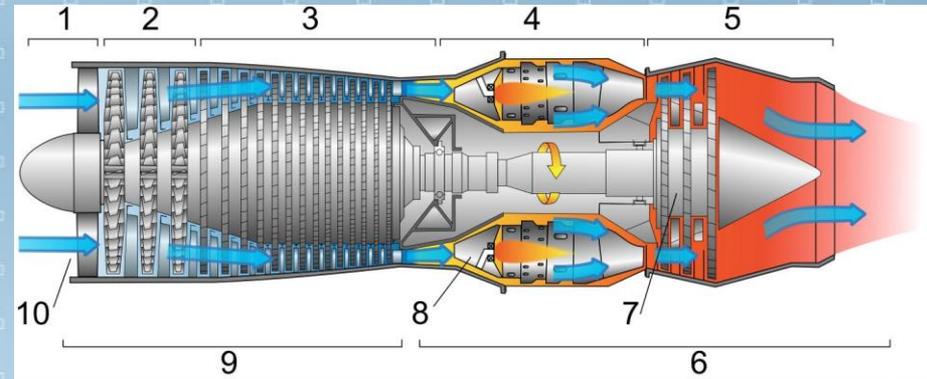
- PW1400G Pratt Whitney (США)
- ПД-14 ОДК (Россия)

- Металл
- Углеродистые композиционные материалы нового поколения
- Стекловолоконные композиционные материалы

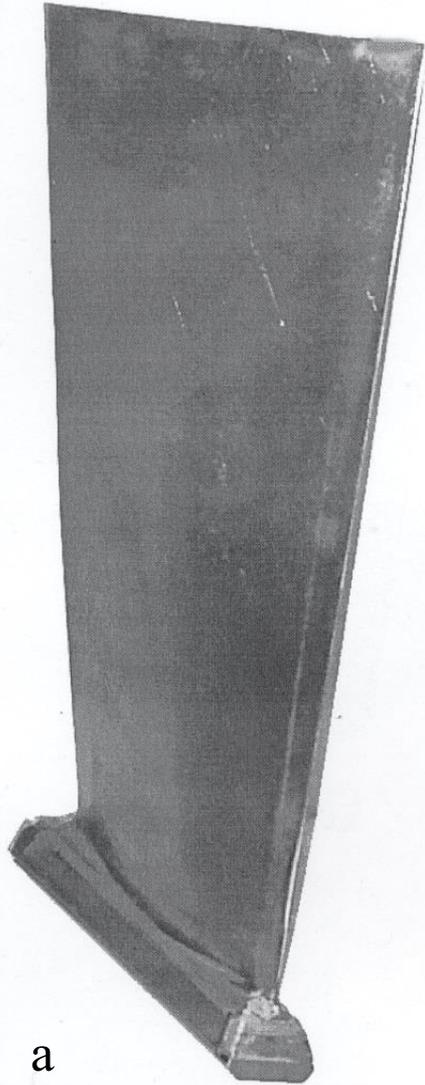
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ



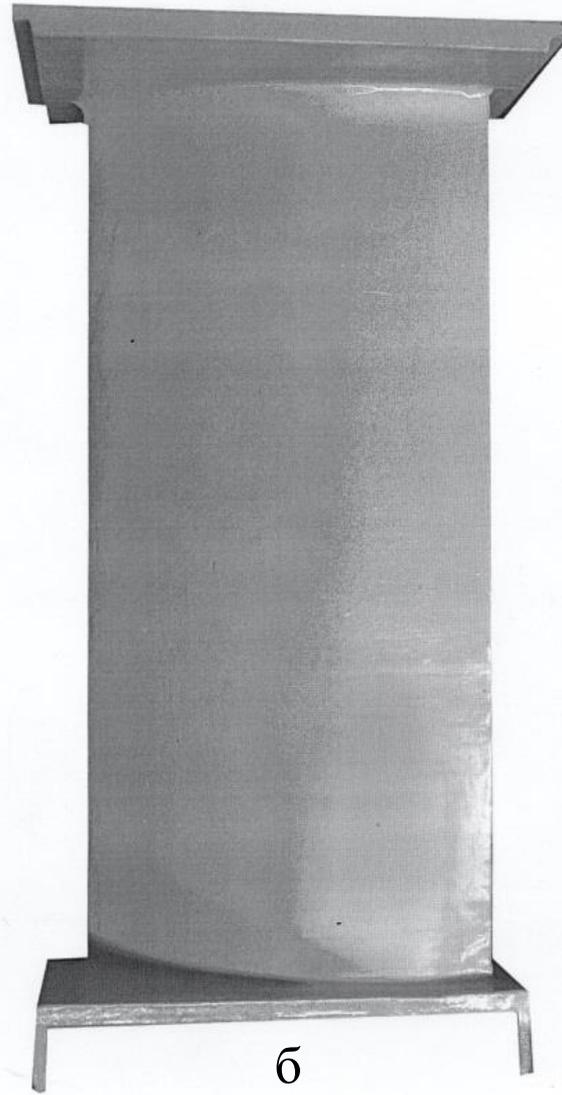
лопатки вентилятора из композиционных материалов



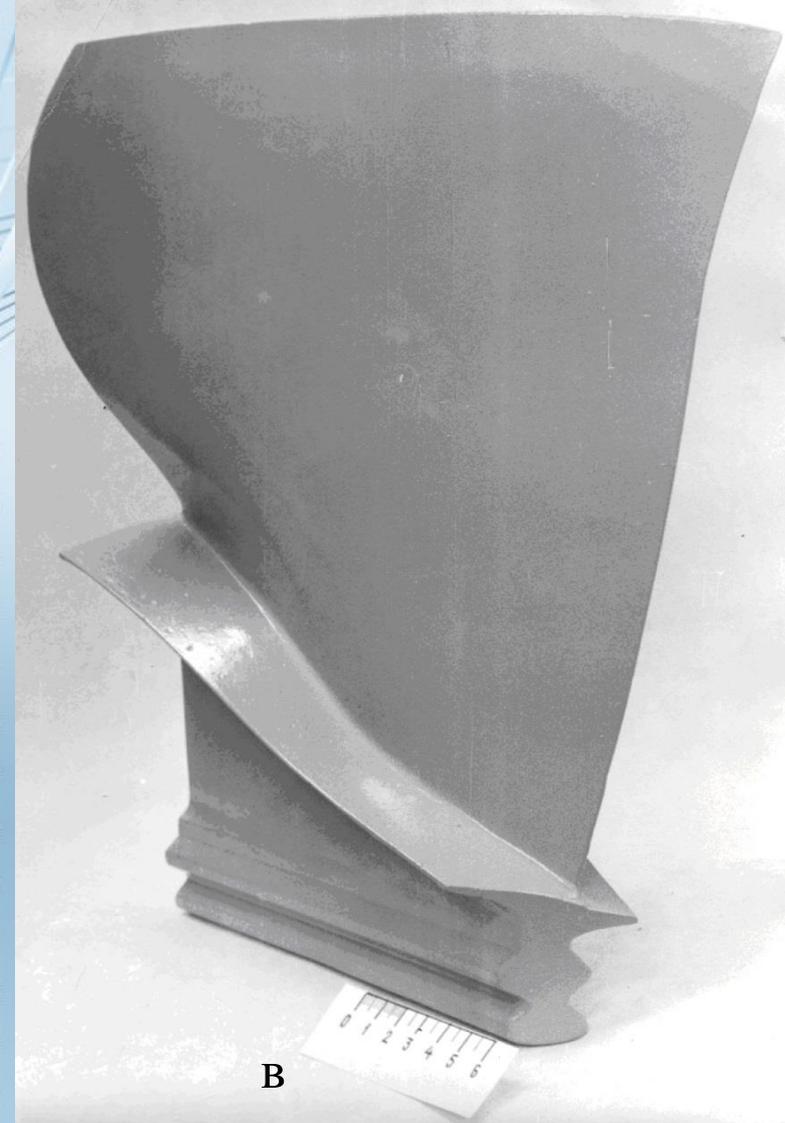
ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БОРНЫХ ВОЛОКОН И АЛЮМИНИЕВОЙ МАТРИЦЫ



а



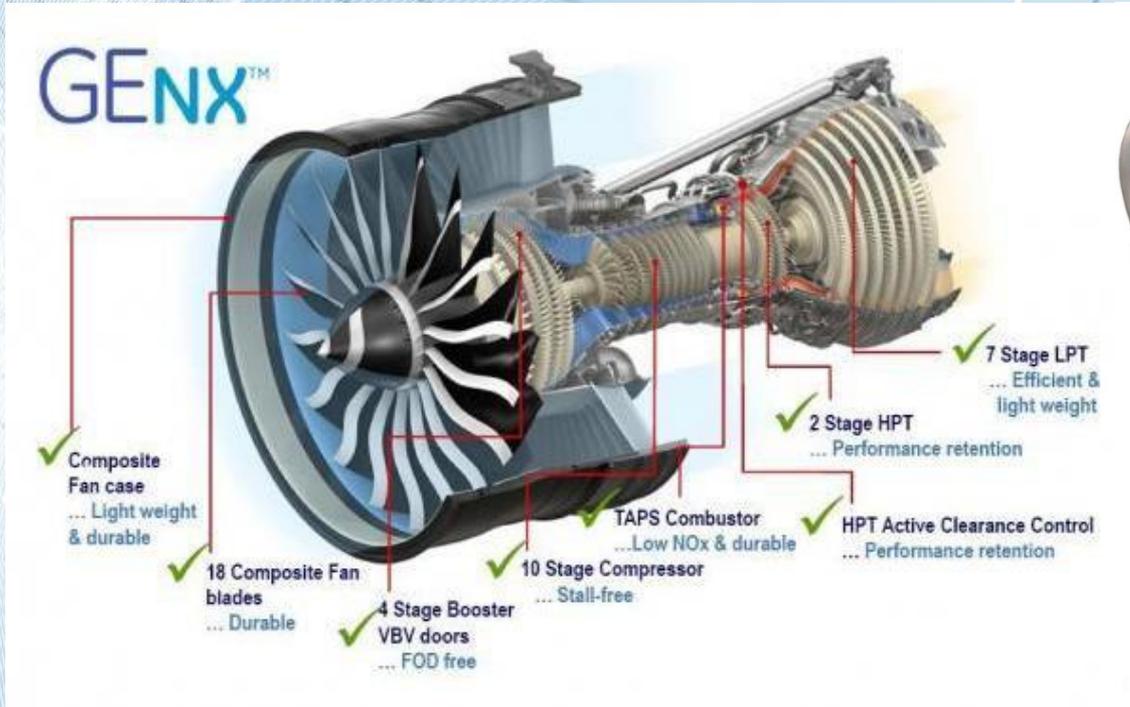
б



в

Рабочие (а), направляющие (б) и вентиляторные (в) лопатки из бороалюминия, изготовленные на ФГУП «НПП «Мотор» (г. Уфа)

ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БОРНЫХ ВОЛОКОН И АЛЮМИНИЕВОЙ МАТРИЦЫ



В двигателе фирмы General Electrics для пассажирского самолета корпус и лопатки вентилятора изготовлены из композиционных материалов; длина лопаток составляет около 1,5÷1,625 м; диаметр вентилятора соответственно 3÷3,25 м; такие лопатки в 8 раз легче, чем аналогичные цельные титановые и на 10 % легче чем аналогичные пустотелые титановые.



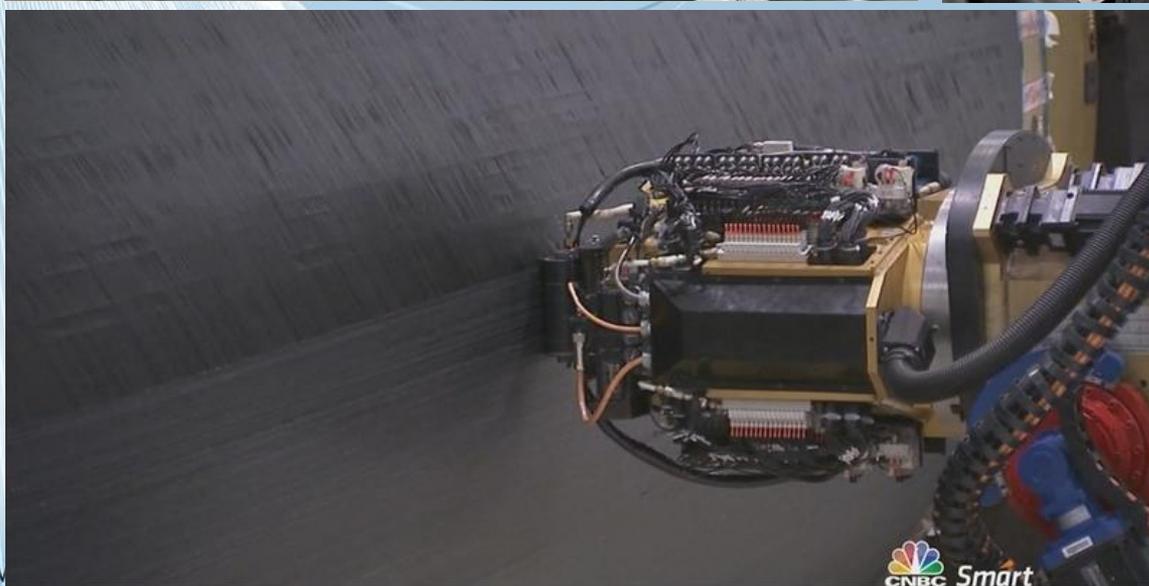
КОЛЕСО ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ВСУ ИЗ КОМПОЗИТНОГО УГЛЕПЛАСТИКА



В 2013 году совместное сотрудничество ОАО «Климов», ОАО «НИИТ» и ФГБОУ ВПО УГАТУ привело к созданию колеса центробежного компрессора из высокотемпературного углепластика на основе углеленты УОЛ-300Р и связующего СП-97 (изготовлено в ООО «НИИТ»). Данное колесо весит всего 3,5 кг, что легче титанового прототипа, весом 7,5 кг, практически в 2 раза.

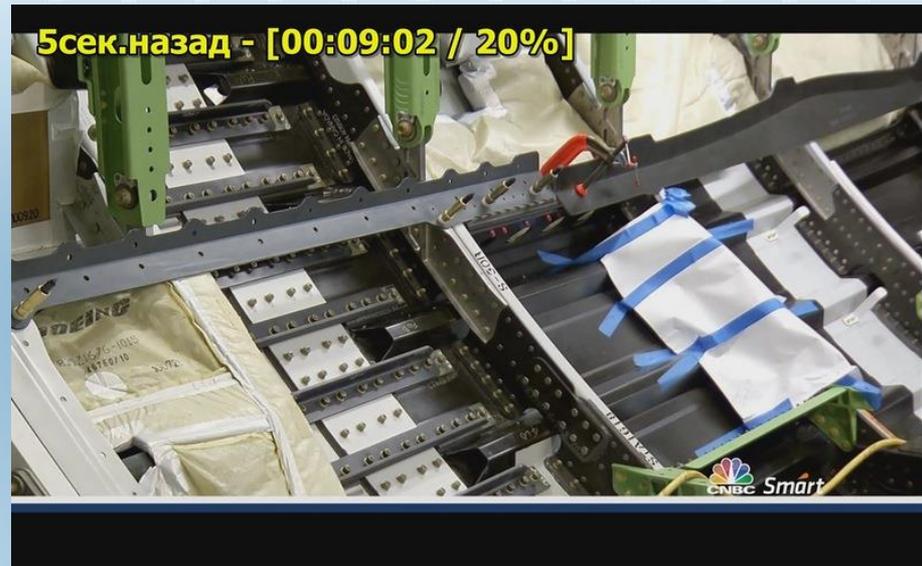
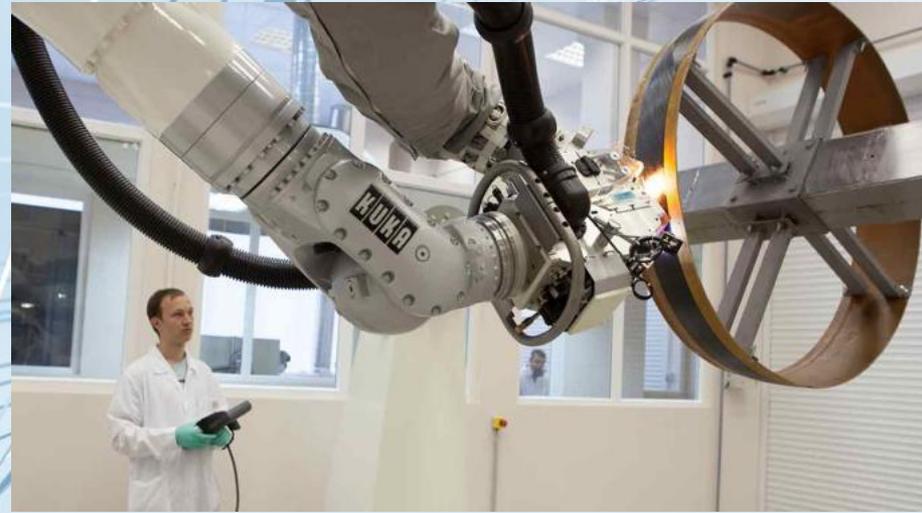


ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТА BOEING-787



Фюзеляж самолета изготавливается как цельная композитная конструкции методом намотки, что позволило заменить одной деталью 1 200 листов алюминия и 40 000 заклепок

ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТА

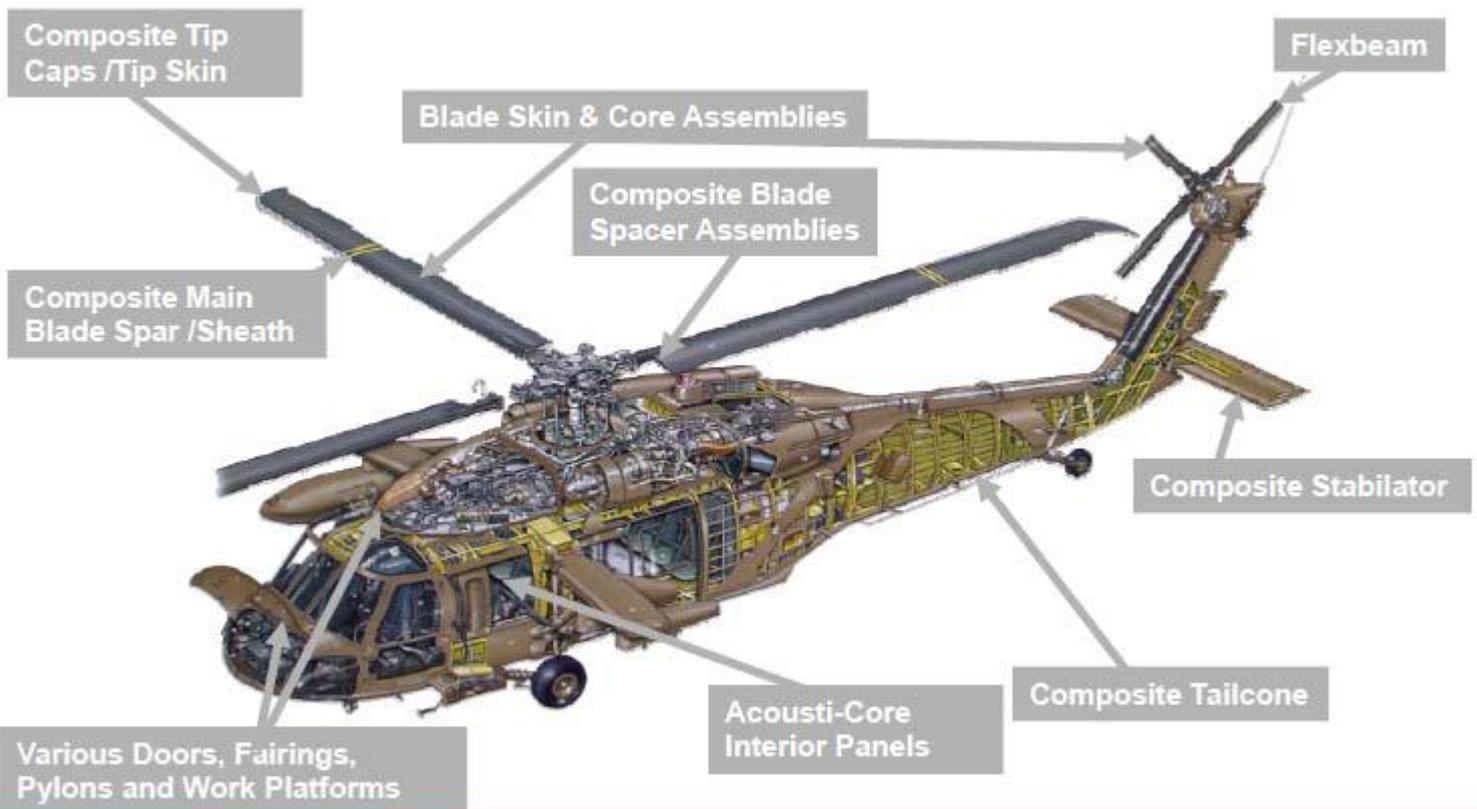


ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТА BOEING-787



Автоклав для производства фюзеляжа самолета БОИНГ-787; диаметр фюзеляжа около 5,77 м; диаметр автоклава более 8 м; длина фюзеляжа в зависимости от модификации самолета варьируется от 55,5 м до 68,9 м.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННОГО ВЕРТОЛЕТА



Prepreg, Core, Engineered Products Plus a New Wide Chord Composite Blade

В современных вертолетах из композиционных материалов изготавливаются лонжероны лопастей несущего винта, оболочки и законцовки лопастей, стабилизаторы, шумопоглощающие панели интерьера, хвостовые обтекатели и др.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННОГО ВЕРТОЛЕТА

Ка-52 – «Аллигатор»

Технические характеристики российского боевого вертолета

Ка-52 — двухместная модификация серийного ударного вертолета Ка-50. Отличается от предшественника новой носовой частью с двухместной кабиной и бортовым комплексом оборудования нового поколения



Назначение

- Уничтожение танков противника
- Борьба с медленно-летающими воздушными целями
- Проведение разведки и поддержка сухопутных войск

История

1996 г. Постройка опытного образца

25.06.1997 г. Первый полет

Двухместный, многоцелевой вертолет КА-52



Летно-технические характеристики

Мощность двигателей	2 x 2400 л.с.	Крейсерская скорость	250 км/час
Длина x высота x размах крыла (фюзеляж)	14,2 м x 4,9 м x 7,3 м	Максимальная скорость полета	310 км/час
Диаметр несущих винтов	14,5 м	Статический потолок	3600 м
Взлетная масса (максимальная)	10800 кг	Динамический потолок	5500 м
Взлетная масса (нормальная)	10400 кг	Практическая дальность полета	520 км
		Максимальная достигнутая скорость	350 км/час

Особенности

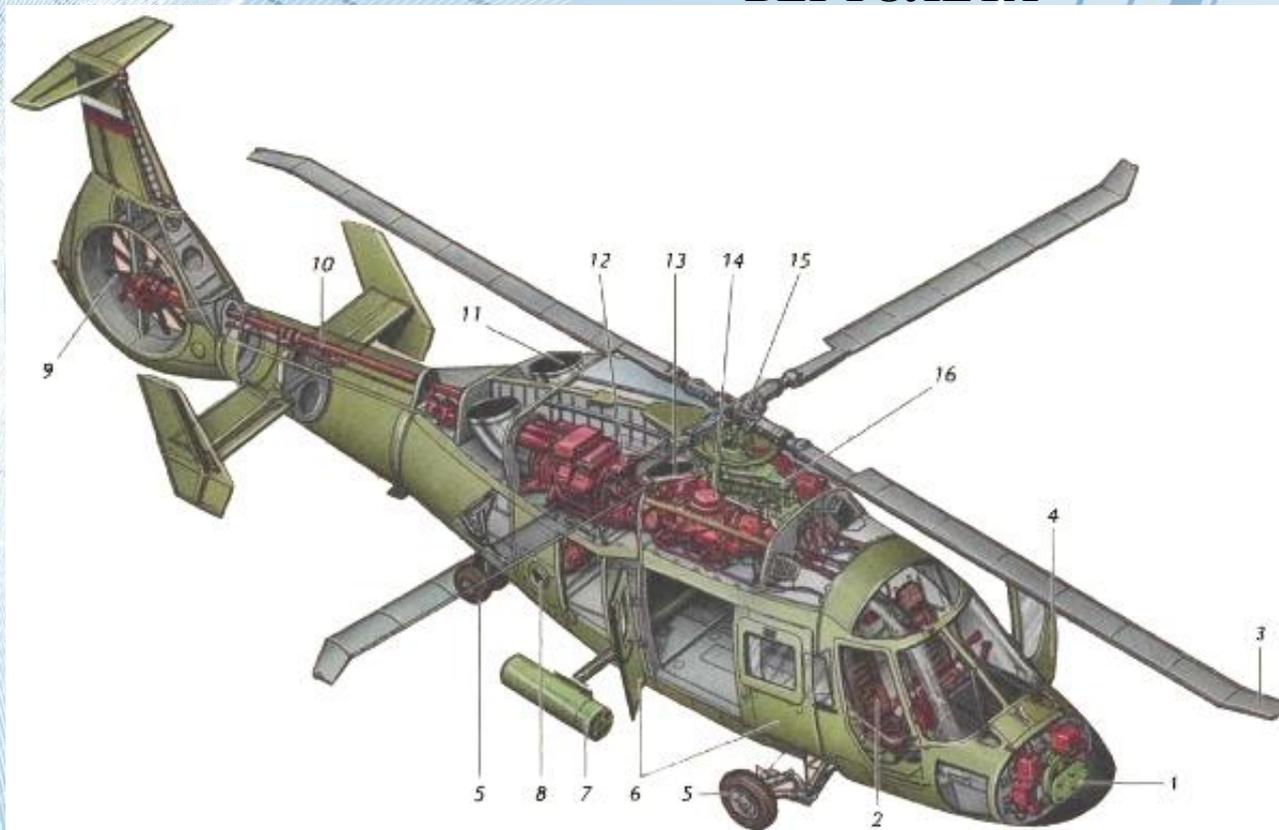
■ Двухместная кабина экипажа и оборудование нового бортового комплекса

■ Пилоты размещаются рядом на катапультных креслах

■ Модернизированные двигатели ВК-2500 мощностью 2x2400 л.с.

Доля композиционных материалов в конструкции современного боевого отечественного вертолета составляет около 50%. Композиты применяются в конструкции лопастей и фюзеляжа вертолета.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННОГО ВЕРТОЛЕТА



Доля композиционных материалов в конструкции вертолета Ка-60 составляет порядка 60%.

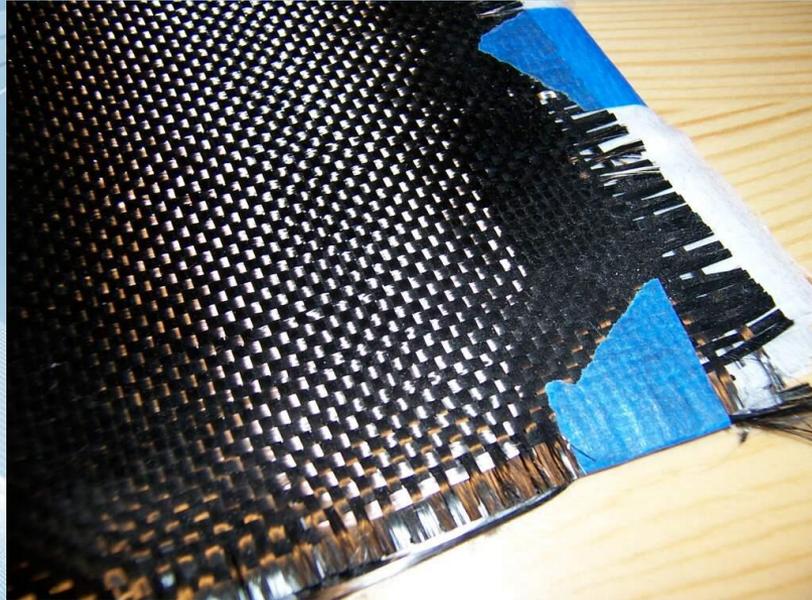
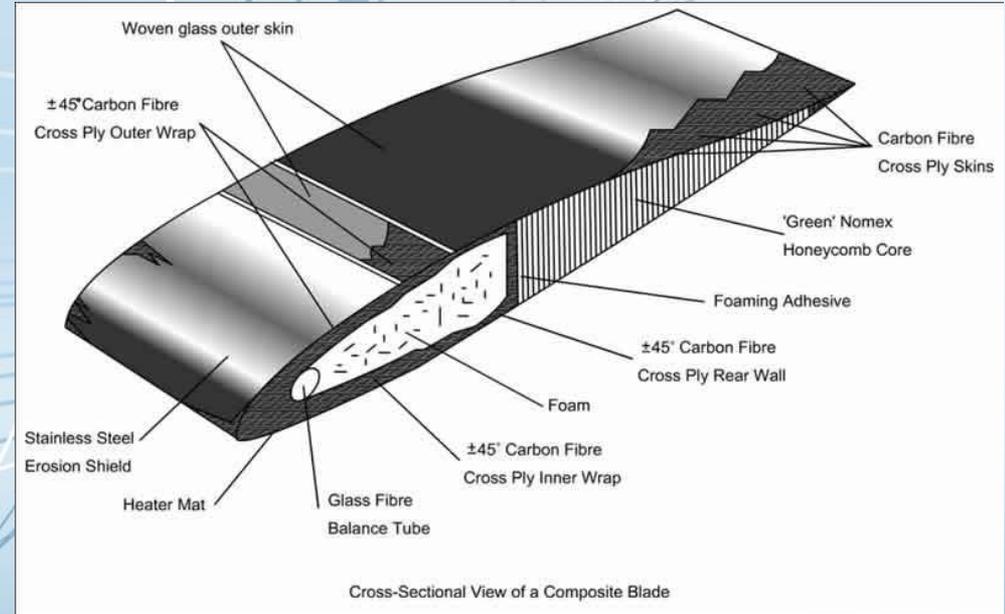
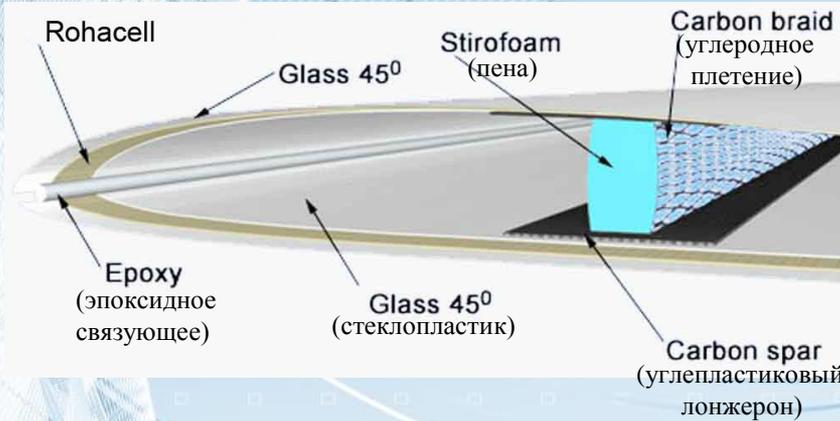
Вертолёт Ка-60 в разрезе.

- 1 — радиолокатор («Арбалет»); 2 — амортизационное кресло пилота («Памир-К»); 3 — стреловидная законцовка лопасти несущего винта; 4 — дверь кабины пилотов; 5 — убирающаяся стойка шасси; 6 — створки и двери грузовой кабины;
- 7 — блок неуправляемых ракет; 8 — вспомогательная силовая установка; 9 — лопасти рулевого винта;
- 10 — привод хвостового редуктора; 11 — выхлопной патрубок двигателя; 12 — двигатель (РД-600); 13 — воздухозаборник; 14 — главный редуктор; 15 — втулка несущего винта; 16 — автомат перекоса.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ СОВРЕМЕННОГО ВЕРТОЛЕТА



КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ ЛОПАСТИ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА



Применение углеродных волокон в ракетостроении

В ракетостроении композитные материалы на основе углеродного волокна применяются в изготовлении обтекателей, элементов конструкций 1-3 ступеней и деталей разгонного блока ракет-носителей



Трехслойные панели фюзеляжа



Конструкции оконных панелей



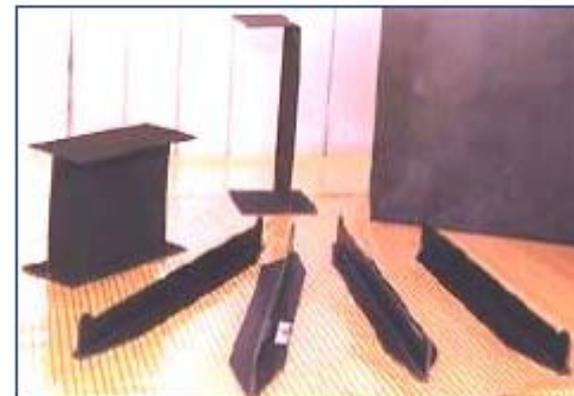
Панели пола и мебели



Рули, интерцепторы, закрылки



Зализы крыла и киля



Канал воздухозаборника

РАЗДЕЛ 2 - КОМПОЗИТЫ В НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ

до 25 лет

• Увеличение срока эксплуатации

до 500 %

• Составит экономия при эксплуатации композитного трубопровода в сравнении со стальным за период 25 лет

до 20 %

• Экономический эффект от более низкой стоимости композитного трубопровода по сравнению со стальными

до 30 %

• Экономия при строительно-монтажных работах

до 10 %

• Экономия от возможности применения композитных труб меньшего диаметра

ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ

- Композитные стеклопластиковые трубы **абсолютно не подвержены коррозии**, в том числе электрохимической, срок безремонтной эксплуатации при работе с агрессивными средами составляет **25 лет**;
- **Стойки к химическим веществам**, имеют **не зарастающую гладкую внутреннюю поверхность**, что позволяет использовать в трубопроводах трубы меньшего диаметра;
- Высокая прочность при основных видах множественных нагрузок, при равной прочности они **в 4 раза легче стальных**;
- Экономия на СМР – **до 15%**;
- Термическая устойчивость к экстремальным температурам и атмосферным условиям, агрессивным внешним средам, например, морской воды.



Сравнение стоимости жизненного цикла 1 000 пм трубопровода из Композитных труб и Стали Ду 200 мм

Композитные трубы

Период безремонтной эксплуатации

Стоимость трубопровода 1000 пм, руб.

15-25 лет

2 000 000

Сталь

Период безремонтной эксплуатации

Стоимость трубопровода 1000 пм, руб.

2-5 лет

2-5 лет

2-5 лет

2-5 лет

2-5 лет

2 290 000

2 290 000

2 290 000

2 290 000

2 290 000

Итого за 15 лет безремонтного срока эксплуатации

Композитный трубопровод

2 000 000

Стальной трубопровод

11 450 000

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОИЗВОДИМЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ



Выпускаемые диаметры: мм
**50, 65, 80, 100, 150, 200,
300, 400, 500**

Рабочая температура: **до 150°C**

Рабочее давление: **до 27,5 мПа**

Длина изделия: **до 12 м**

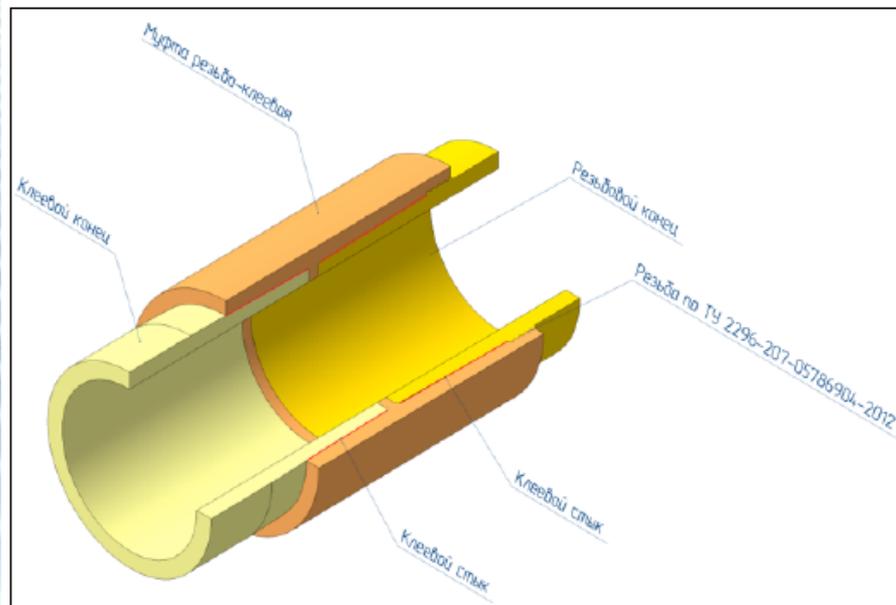
ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБ

Композитные стеклопластиковые трубы для неразъемных (клеевых) соединений изготавливаются двух видов: с коническими раструбами и механически обработанными под клеевое соединение ответными конусами или механически обработанными под клеевое соединение с соединительными муфтами или фитингами.

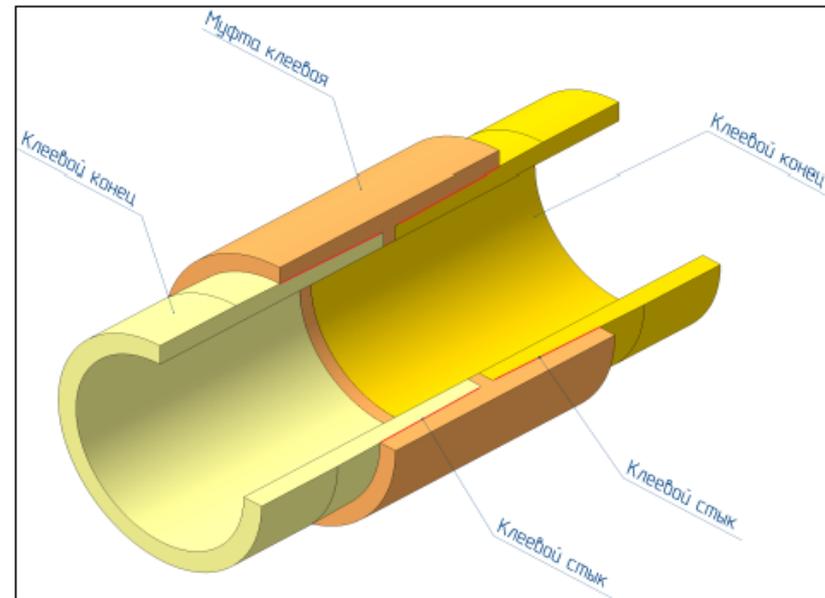
Композитные трубы для трубопроводов с разъемными соединениями изготавливаются с резьбовыми соединениями.

Тип требуемого соединения определяется конкретными условиями трассы трубопровода.

Резьбо-клеевое соединение Ду 150 мм



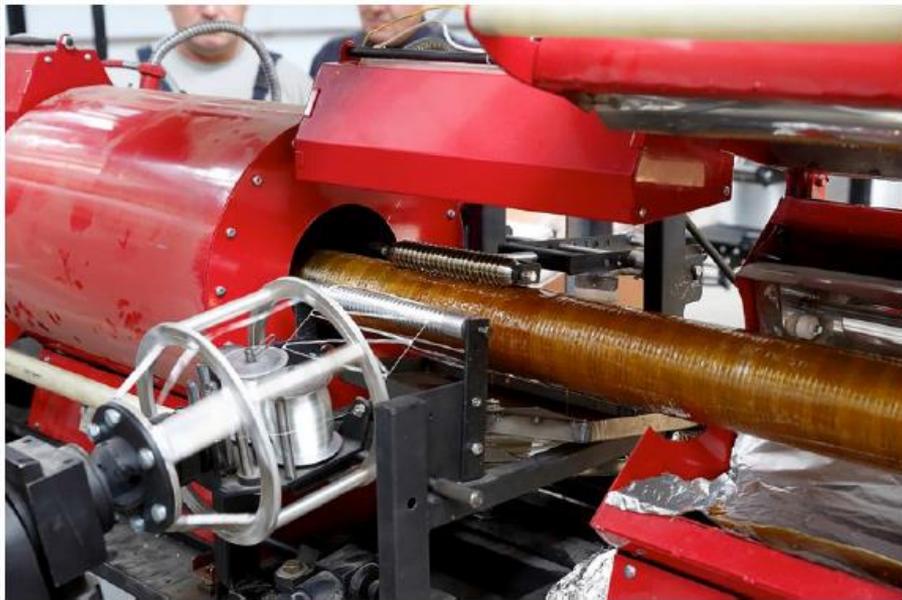
Клеевое соединение Ду 150 мм



ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТРУБ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование	Достоинства	Недостатки
Трубы из углеродной стали	<ul style="list-style-type: none">• Широкая распространённость;• Традиционные технологии;• Широкий ассортимент;• Высокая доступность	<ul style="list-style-type: none">• Подверженность коррозии;• Высокая стоимость монтажных работ;• Высокий вес;• Высокие тепловые потери
Трубы из нержавеющей стали	<ul style="list-style-type: none">• Широкая распространённость;• Традиционные технологии;• Широкий ассортимент;• Высокая доступность• Долговечность	<ul style="list-style-type: none">• Более высокая стоимость;• Подверженность коррозии;• высокая стоимость монтажных работ;• Высокий вес;• Высокие тепловые потери
Трубы из ПВХ, ПЭ, ПП	<ul style="list-style-type: none">• Простота монтажа• Низкий вес	<ul style="list-style-type: none">• Низкое рабочее давление;• Высокая стоимость;• Ограничения по рабочей температуре
Композитные трубы	<ul style="list-style-type: none">• Долгий срок безремонтной эксплуатации – до 50 лет• Коррозионная стойкость• Уменьшение тепловпотерь• Простота монтажа• Низкий вес• Используются в ГВС и отоплении• Используются для подачи питьевой воды	<ul style="list-style-type: none">• Противодействие структур, заинтересованных в «круговороте» трубы, при котором участники цепочки получают возможность зарабатывать на производстве недолговечной продукции и последующем ее ремонте

СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ТРУБ



Продольно-поперечная намотка
стеклопластиковых труб

Намотка углепластиковых труб
диаметром 300, 700, 1200 мм с
рабочим давлением 7,5 МПа.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕМЕНТАХ ТРУБОПРОВОДАХ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ



Углеродные фалы (канаты из углеродных волокон, полученные методом пултрузии) работают гораздо лучше, чем полиэфирные, потому как они намного прочнее при половинном диаметре.

Прутья толщиной 6 мм связаны вместе, затем множество связок стягивается вместе для образования спиралевидного каната. Канат заключен в защитный кожух из стали. Полный диаметр намотки составляет 3 метра.

Средняя длина фалов до 500 метров.

РАЗДЕЛ 3 - КОМПОЗИТЫ В СУДОСТРОЕНИИ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСОВ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ

Подготовка к пропитке элемента каркаса судна



Ручная выкладка слоев корпуса судна



ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСОВ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ

Корпус катера из композитов —
единая цельная деталь без
сборочных операций



Отформованные верхняя
и нижняя половины
корпуса катера

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСОВ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ

Элемент сборного корпуса
большого судна из
композиционного материала



Формирование корпуса и
силового каркаса
крупного судна из
композиционного
материала



ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОРПУСОВ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ



Извлечение готового
композитного корпуса судна
из оснастки

Выкладка стеклоткани в
начале процесса
формования корпуса



РАЗДЕЛ 4 - КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Монтаж стеклопластиковой
арматуры



Стеклопластиковая
арматура



КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Композитный
стеклопластиковый
профиль для строительства
легких малоэтажных зданий

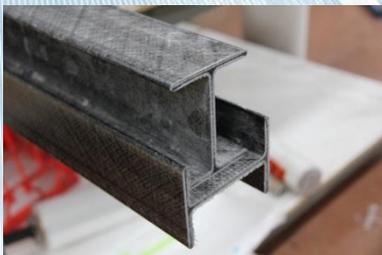
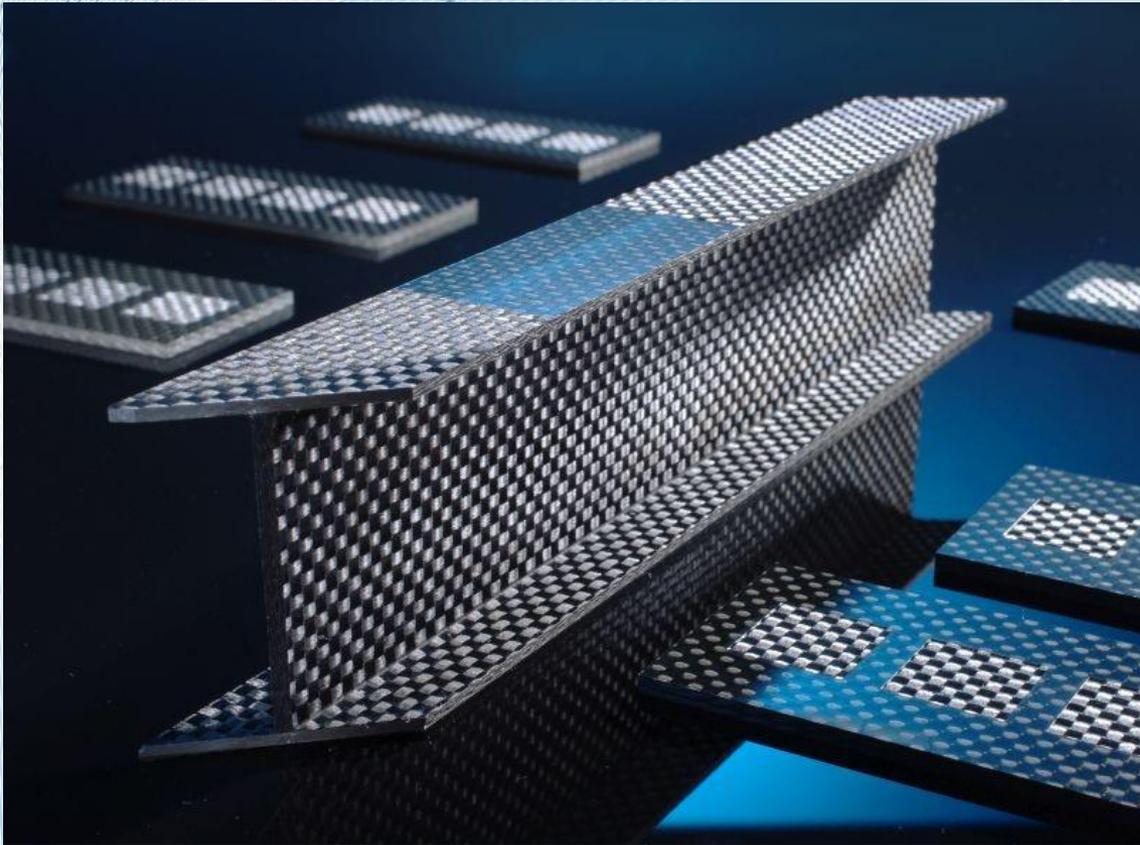


Фасонные композитные
панели

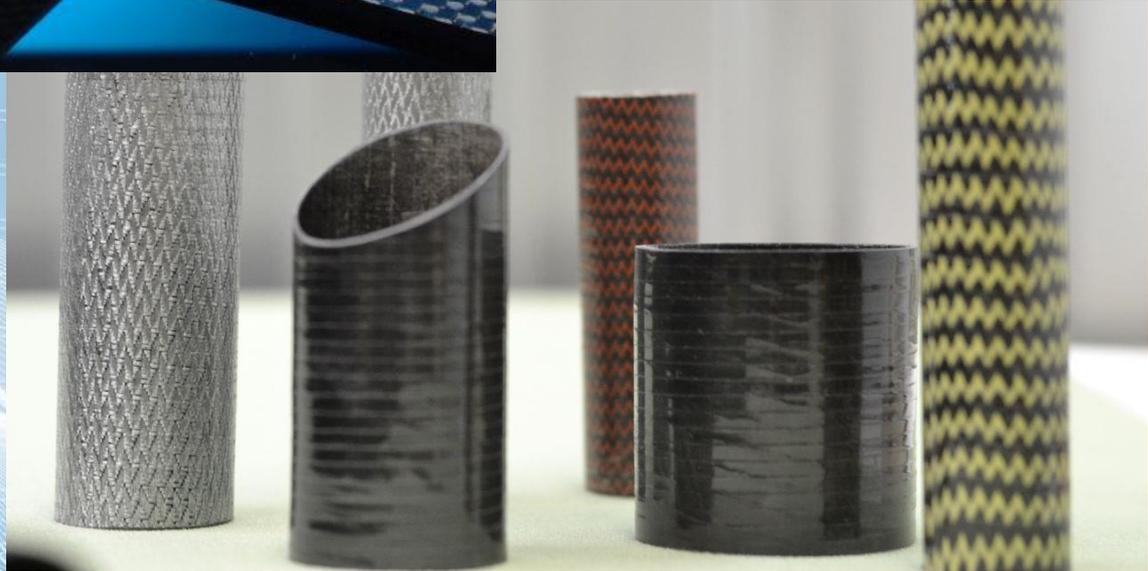


КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Силовые элементы
строительных конструкций
из углепластика

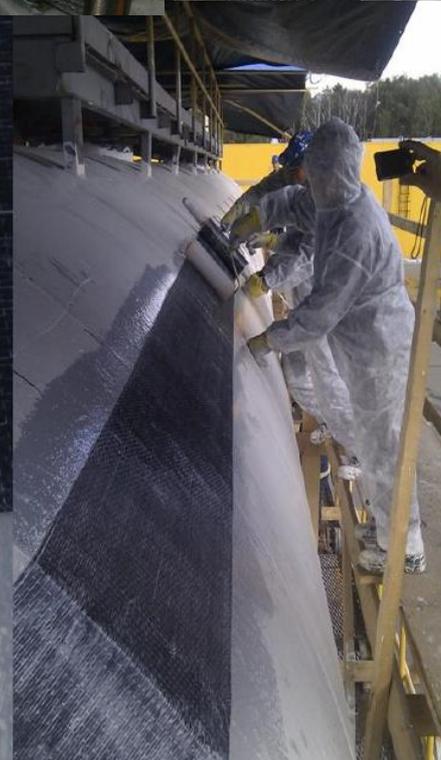
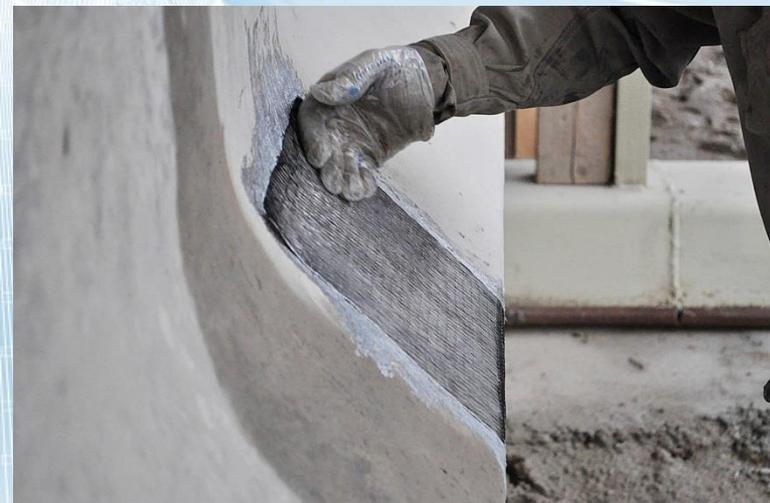


Трубчатые профили из
КОМПОЗИТОВ



КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ремонт и армирование
имеющихся силовых
элементов конструкций с
помощью углепластиков



Ремонт и армирование
труб углепластиковыми
накладками

КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

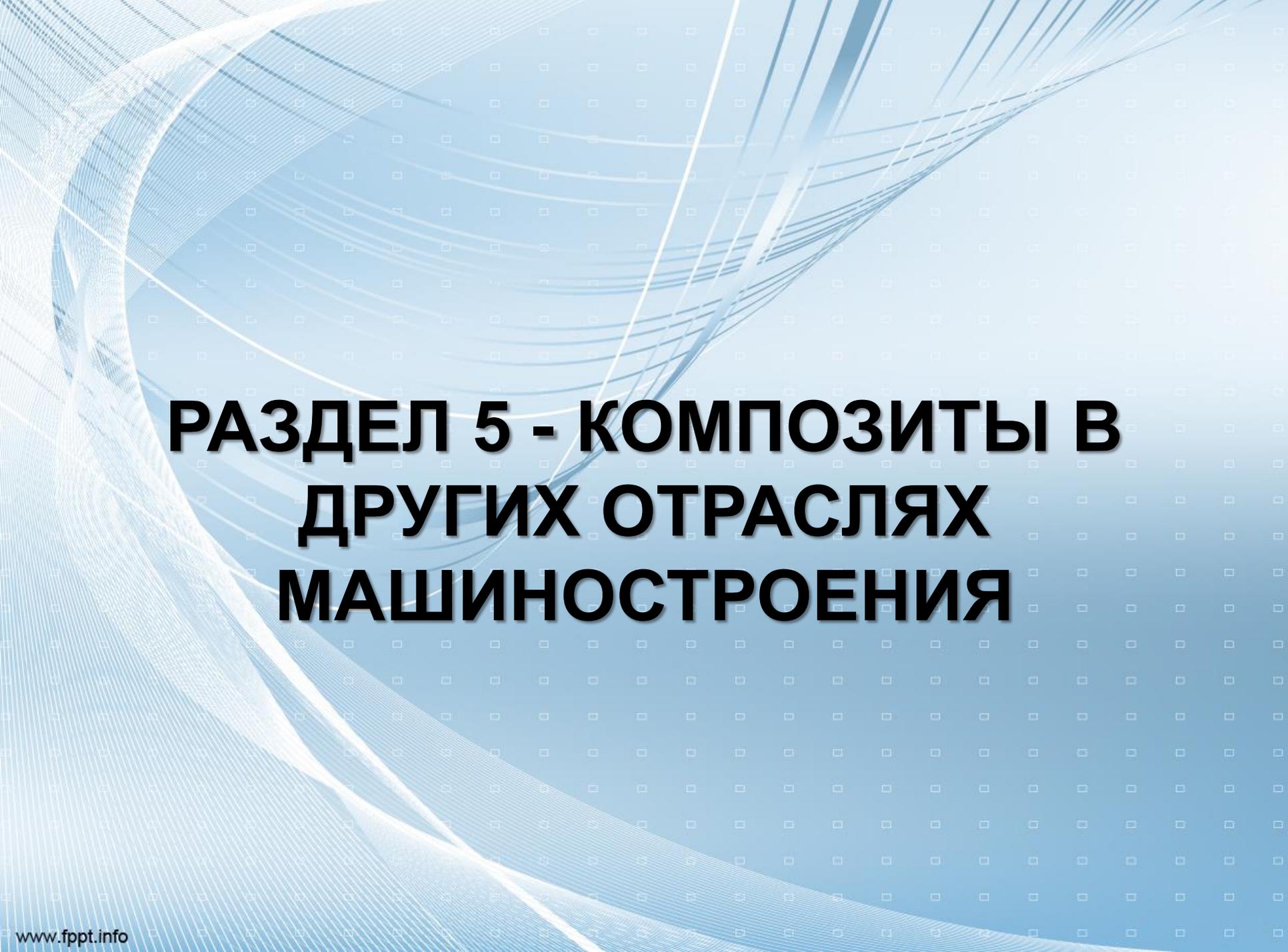
Ремонт и армирование
имеющихся силовых
элементов конструкций с
помощью углепластиков



Армирование потолков и балок
углетканью



10.09.2013



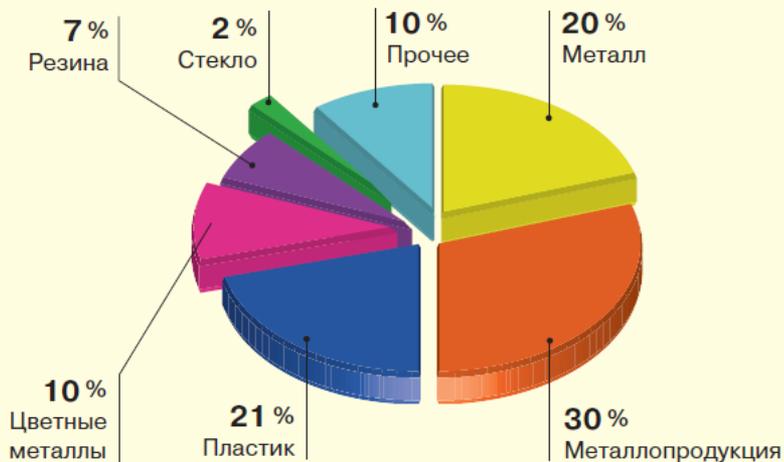
РАЗДЕЛ 5 - КОМПОЗИТЫ В ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Диаграмма распределения производимых композитных материалов (Стеклопластик, Fiber Glass)



Структура материалов, используемых в автомобилестроении



Структура применения полимеров в автомобиле



Применение углепластика в автомобилестроении (CVL)



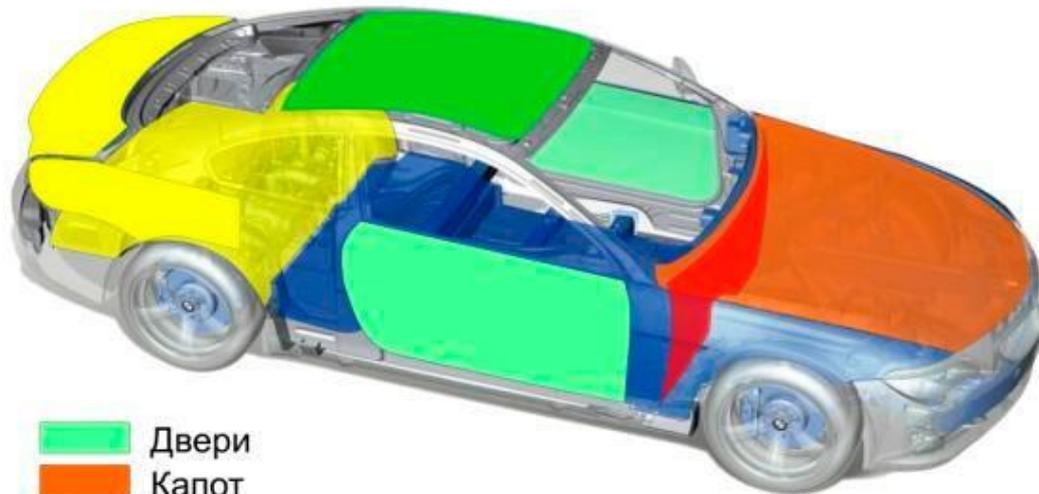
Стандартный профиль из композита, полученный методом пултрузии



В данное время производитель коммерческих автомобилей Нипо изучает вопрос изготовления рамы грузовика из углепластика



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ



- Двери
- Капот
- Крыша
- Пол до границы багажника
- Багажник и задние крылья
- Моторный щит



Применение углепластика в ветроэнергетике



- ✓ Основной драйвер роста потребления ПКМ в ветроэнергетической установке - увеличение мощности единичного агрегата, что, в свою очередь, требует увеличения длины лопасти
- ✓ Основные преимущества и наибольшее применение углеволокно имеет в каркасах лопастей длиной от 40 метров для морского размещения
- ✓ Замещение стекловолокна на УВ позволило производителю Vestas создать лопасти длиной 44 м. равными по весу лопастям длиной 39 м.
- ✓ Технологии производства лопастей (для больших лопастей): ручная, автоматизированная, послойная выкладка препрегов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТОВ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ



Длина лопастей
ветроэнергетических установок
составляет до 70 м;

Применение углеродных волокон в изготовлении баллонов высокого давления



ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Увеличение полезной нагрузки
- Повышение безопасности при транспортировке
- Увеличение срока службы

ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рабочее давление	70 МПа
Давление разрушения	300 МПа
Эффективность ($W_{\text{газа}} / W_{\text{брутто}} \times 100$)	6.5
Кол.-во циклов использования	не менее 12500
Технология изготовления	намотка

КОНСТРУКЦИЯ



Применение подшипников из углепластика в судостроении, турбиностроении, горнодобывающей технике



Подшипник гребного вала валопровода судна



Подшипник вала гидротурбины (ФУТ)



Подшипники драг, шагающих экскаваторов, дробилок



Подшипник направляющего аппарата (УГЭТ)

Применение углепластика в энергетике (несущие сердечники высоковольтных кабелей ЛЭП)



Преимущества углепластиковых сердечников по сравнению со стальными:

- ✓ Максимальная температура эксплуатации 180 С (у стали 120 °С)
- ✓ Увеличение эффективной массы (массы кабелей) на 28%
- ✓ Увеличение допустимой силы тока в высоковольтной сети
- ✓ Отсутствие провисания проводов вследствие нагрева

Применение углепластика в энергетике (композитные опоры ЛЭП)



Изогридная композитная опора (США)
масса – 11 кг, длина – 14 м

ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ:

- опора ЛЭП
- осветительная мачта
- метеовышка
- ретрансляционная вышка

Бронежилет из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ)



15. Бронежилет. В 1965 году доктор Стефани Колек изобрела синтетический материал кевлар, который пять раз сильнее стали. Его изобретение спасло тысячи жизней полицейским, пожарным и военным. Кевлар стал основой для пуленепробиваемых жилетов.

Кевларовый бронежилет

Применение УВ при изготовлении предметов интерьера, аксессуаров и спорттоваров



Сравнение физико-механических характеристик ПКМ на основе УВ с различными конструкционными материалами

Тип материала	Прочность, МПа	Модуль упругости, ГПа	Плотность, гр./куб. см
Композит на основе углеродного среднепрочного волокна УВ СПУ (S – Strength)	1900	135	1,6
Композит на основе углеродного высокопрочного волокна УВ ВПУ (HS – High Strength)	3000	154	1,6
Композит на основе углеродного высокомодульного волокна УВ ВМУ (HM – High Modulus)	2400	230	1,6
Композит на основе стекловолокна S класса СВ - S	870	40	1,8
Алюминиевый сплав (2024-T4)	450	73	2,7
Титан	950	110	4,5
Малоуглеродистая сталь (55 сорт)	450	205	7,8
Нержавеющая сталь (A5-80)	800	196	7,8
Быстрорежущая сталь (17/4 H900)	1241	197	7,8

Современный рынок ПКМ на основе углеродных волокон

Доля РФ в мировом потреблении композитных материалов на основе углеродных волокон составляет **0,04%**

По прогнозам экспертов, при **цене УВ < 8-9 \$/кг** объем мирового потребления композитных материалов на основе углеродных волокон может вырасти до **10 млн. тонн в год**

На данный момент цена на углеткань начинается от 5000 руб (150 \$) за 1 кг или 5 метров квадратных, при толщине 0.25 мм.

Средняя цена углеволокна (\$ за 1 кг)

