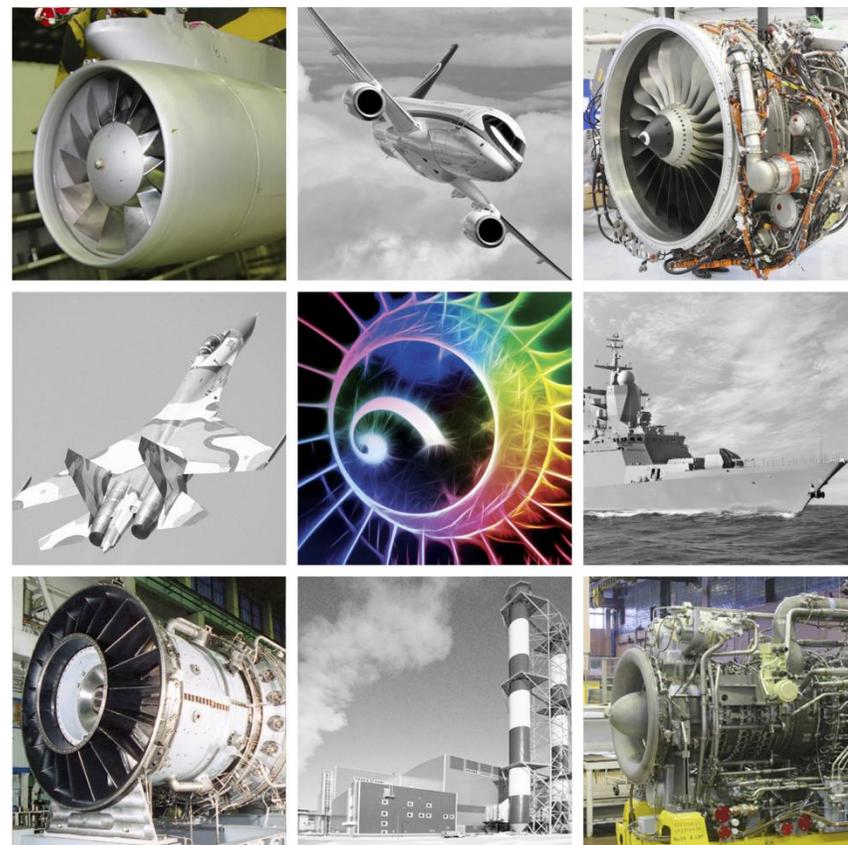


Развитие текстильных
технологий создания
армирующих структур для
деталей авиационных
двигателей из
КОМПОЗИЦИОННЫХ
материалов

Коротыгин Артём Александрович
Руководитель проекта по ПКМ
ОАО «НПО «Сатурн», г. Рыбинск



www.npo-saturn.ru

Май 2015 г.

ACARE (Европейский совет по авиационным исследованиям) выявил требуемое направление развития авиации к 2020 году

Безопасность

- Снижение уровня аварий на 80%
- Нулевая вероятность угона или захвата

Доступность и качество

- Уменьшение времени выхода на рынок в 2 раза
- Снижение цен перелётов

Эффективность транспортной системы

- Уровень опозданий не более 1%
- Трёхкратное увеличение пропускной способности аэропортов

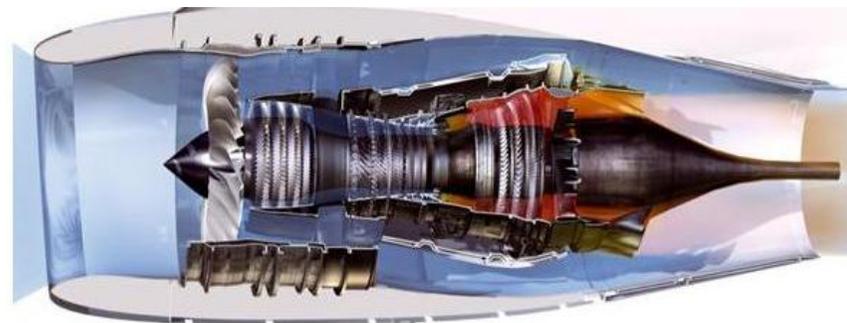
Экология

- Снижение выбросов CO₂ на 50%
- Снижение выбросов NO_x на 80%
- Снижение уровня шума вдвое

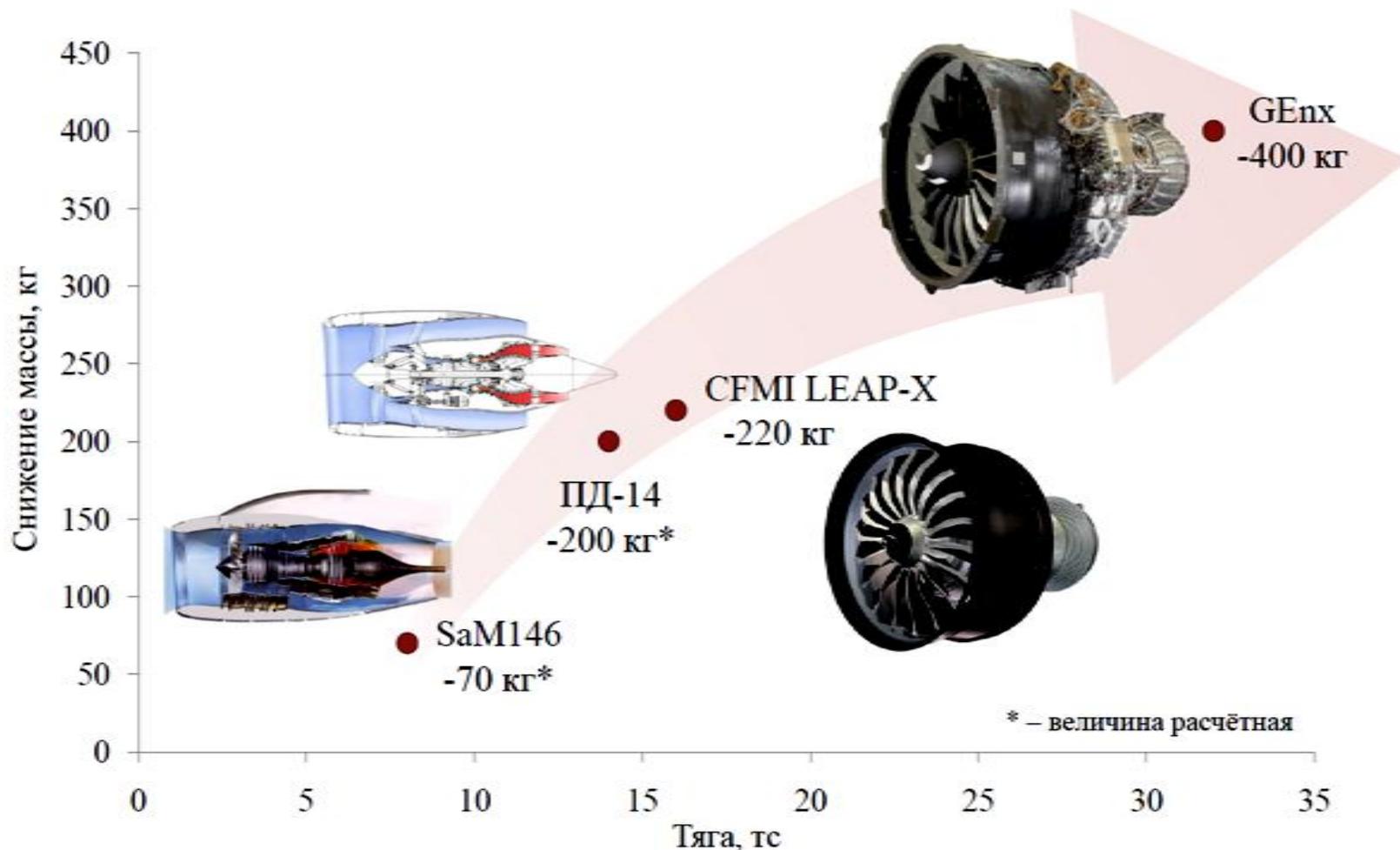
* по отношению к параметрам двигателей в 2000 году

Вклад двигателя

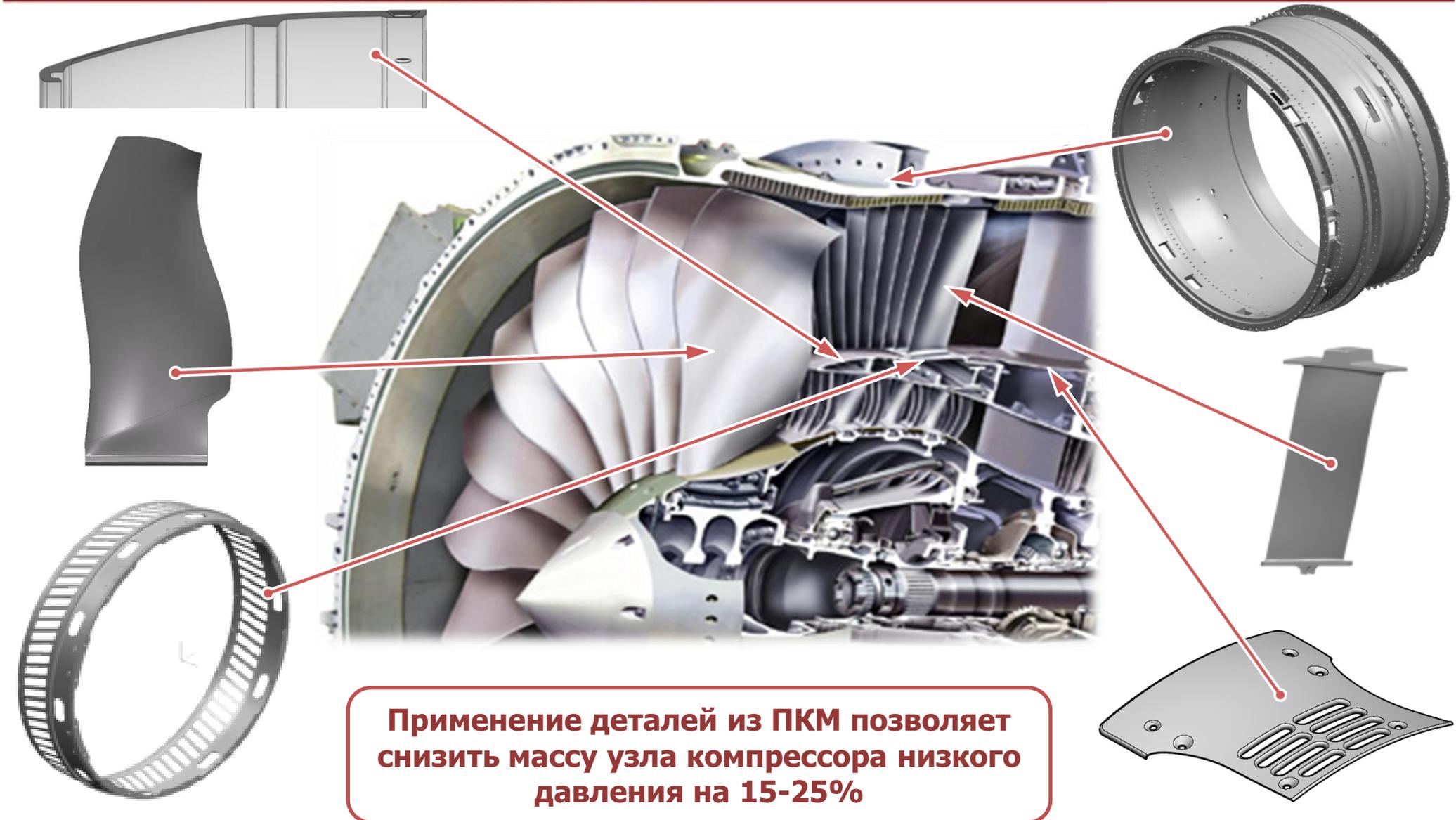
- Снижение потребления топлива на 20%
- Снижение выбросов NO_x на 60-80%
- Снижение шума на 10db
- Повышение надёжности и ресурса
- Снижение эксплуатационных затрат
- Уменьшение времени выхода на рынок







⇒ **Отсутствие деталей из композиционных материалов делает неконкурентоспособными российские двигатели по основным драйверам развития ГТД**



**Применение деталей из ПКМ позволяет
снизить массу узла компрессора низкого
давления на 15-25%**

**Лопатка вентилятора**

Снижение массы – 55%

по сравнению с полый титановой лопаткой

**Корпус вентилятора**

Снижение массы – 35%

по сравнению с алюминиевым корпусом

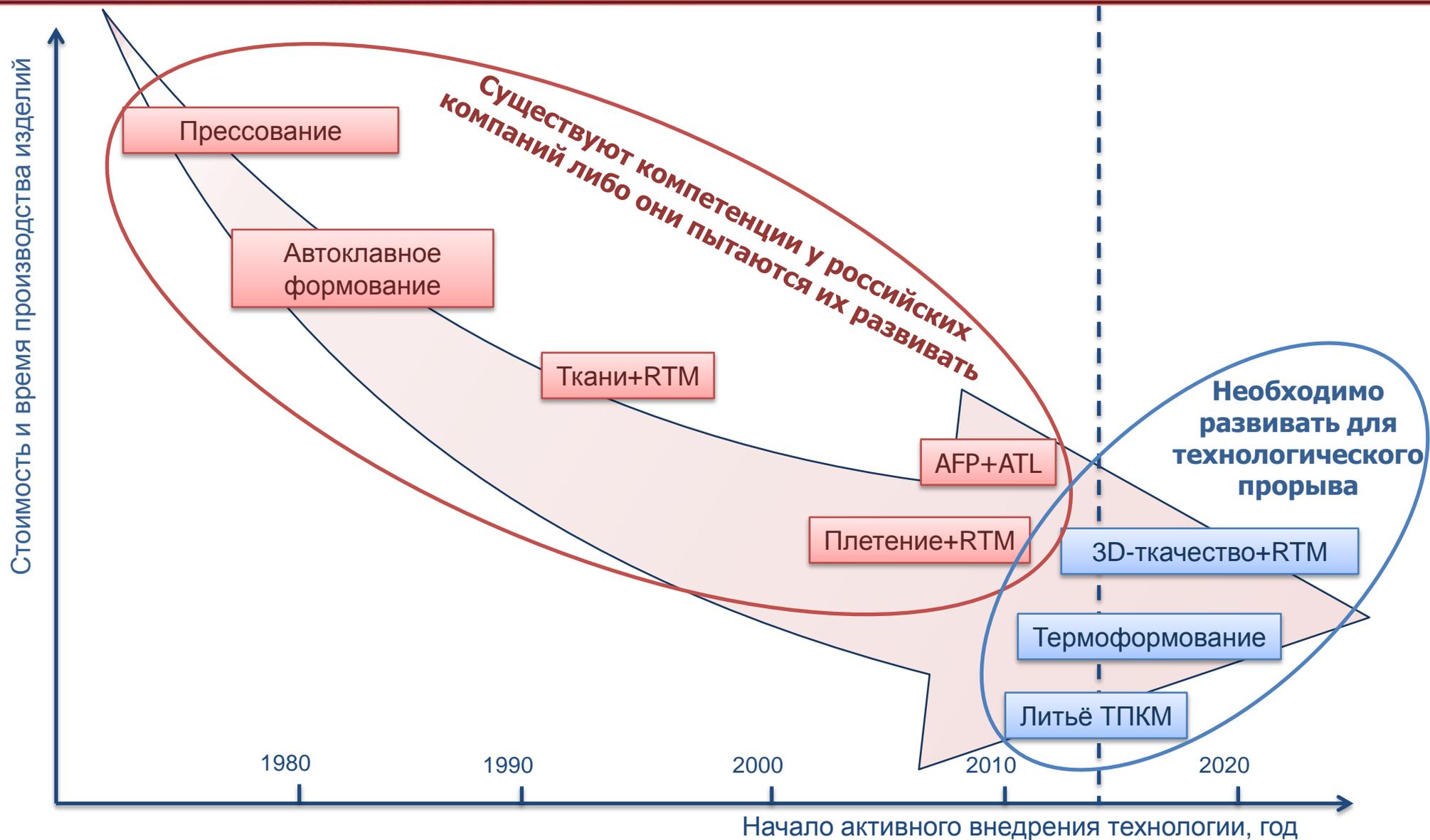


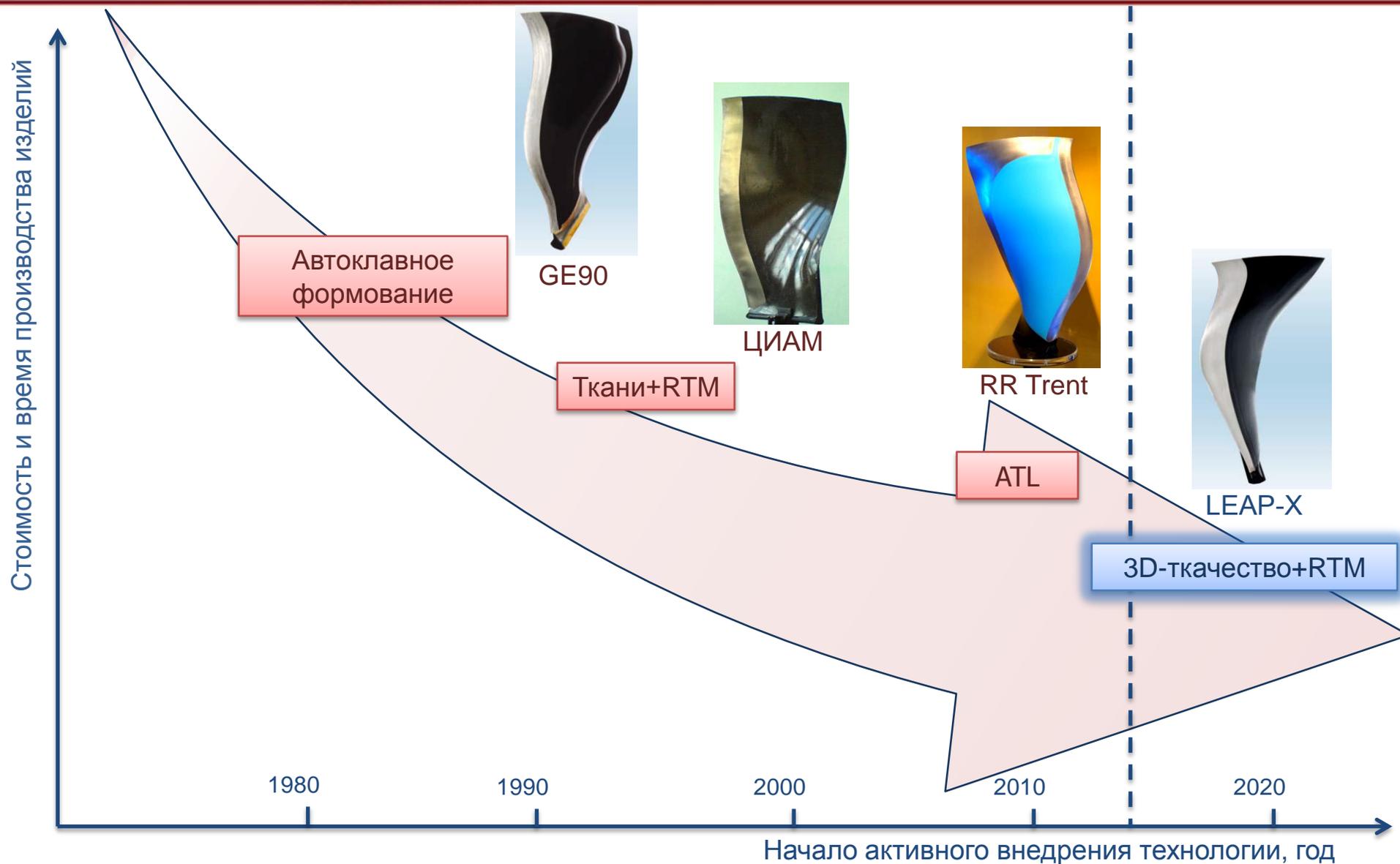
Каскадный эффект снижения массы самолета

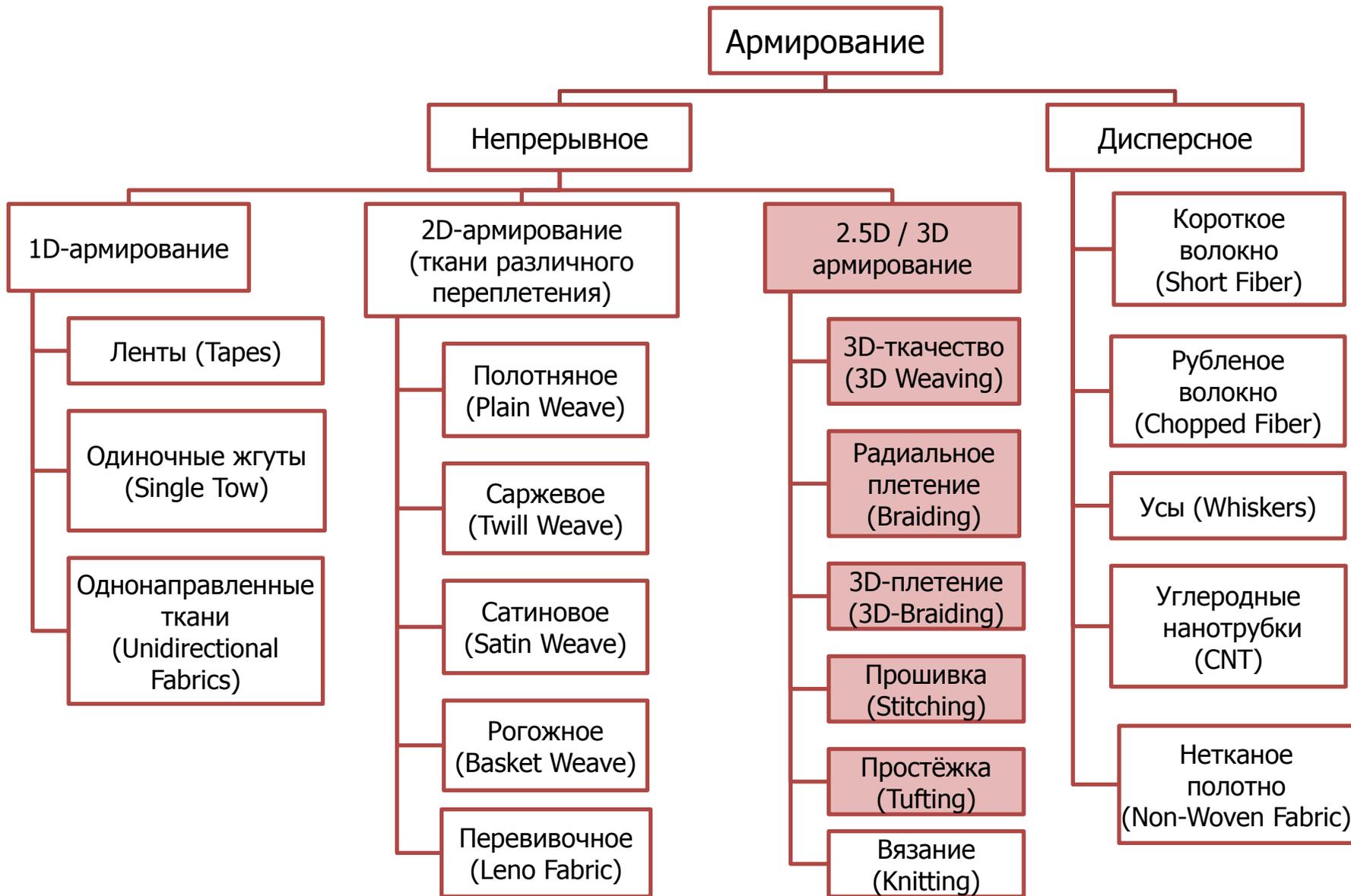
По ориентировочным расчетам
снижение массы двигателя на 1 кг
позволит уменьшить массу планера
самолета на 2.4 кг

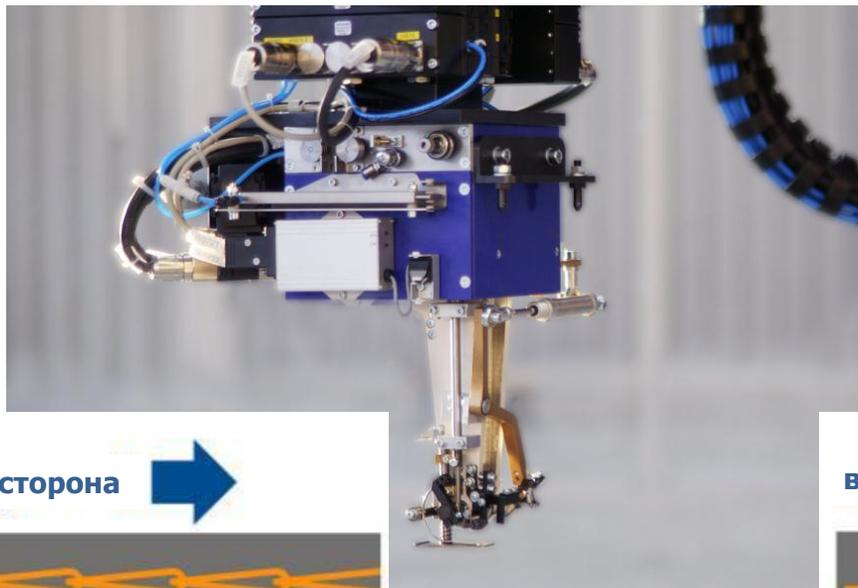
Создание композитной лопатки открывает
возможность применения в конструкции двигателя
композитного корпуса вентилятора

По оценкам GE применение композитов в
двигателе для узкофюзеляжного самолёта
позволило снизить его массу на 180 кг и
примерно на 450 кг массу самолета

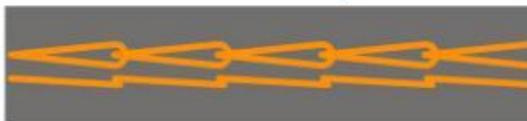








верхняя сторона →

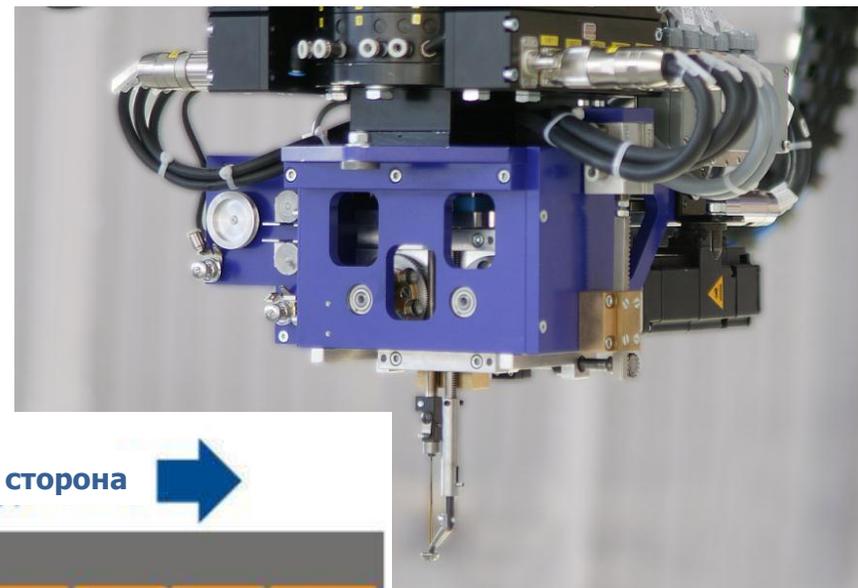


**Blind
Stitch
Head**

сечение →



нижняя сторона →



верхняя сторона →



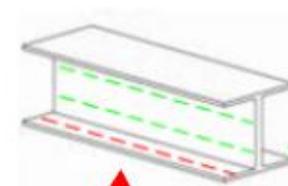
**Tufting
Head**

сечение →

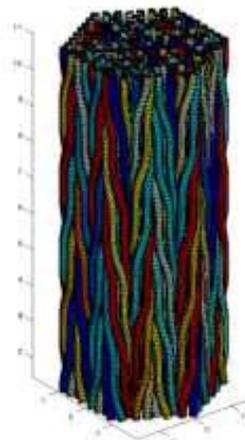
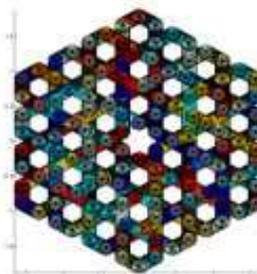


нижняя сторона →





=> Технологии нашли применение
для сборки сложных преформ из
2D-тканей или простых 3D-преформ
для последующей пропитки



=> Технология
3D-плетения пока не
нашла широкого
применения в авиации

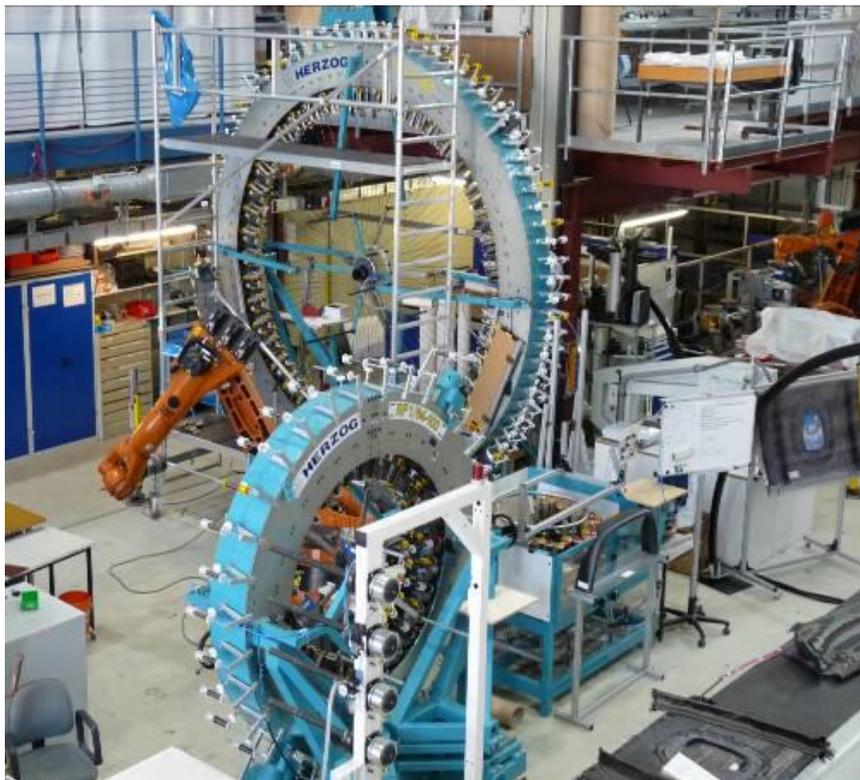




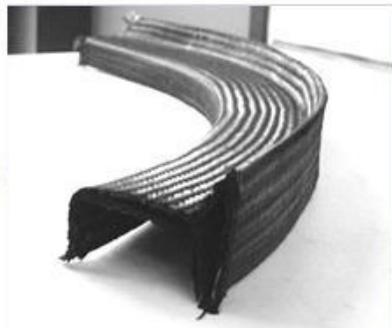
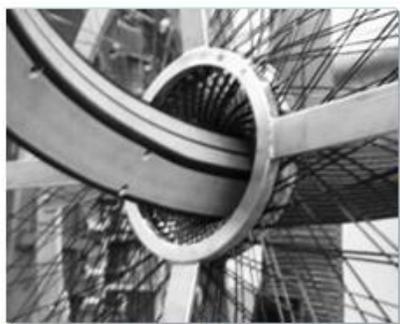
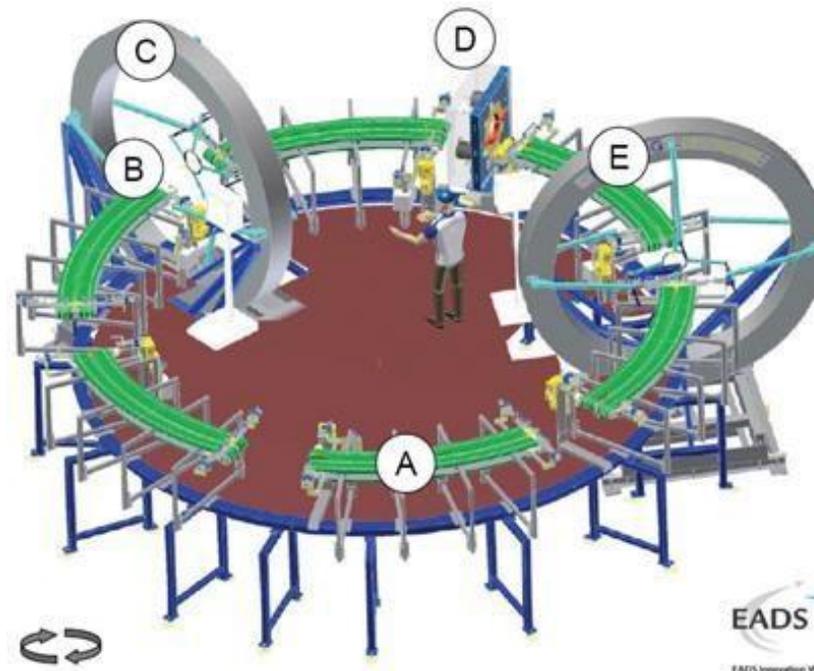
Биаксиальное переплетение

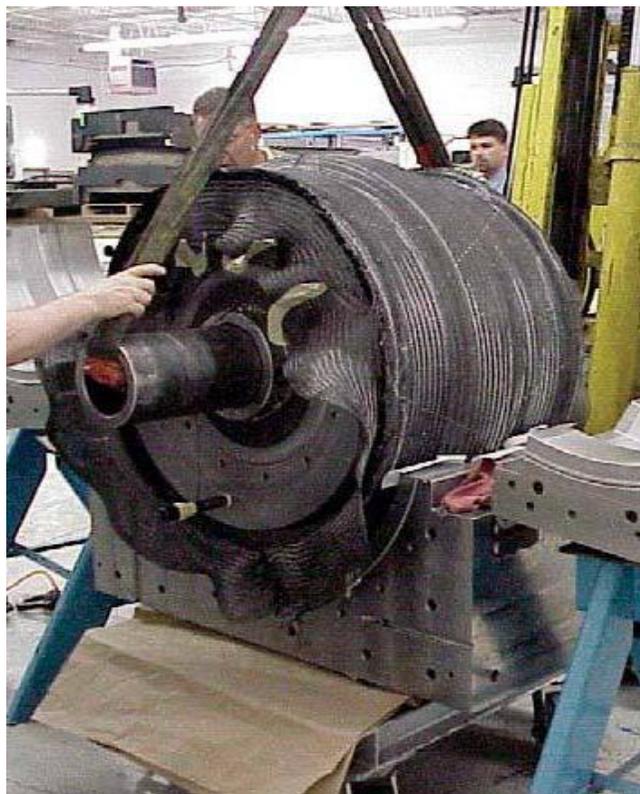
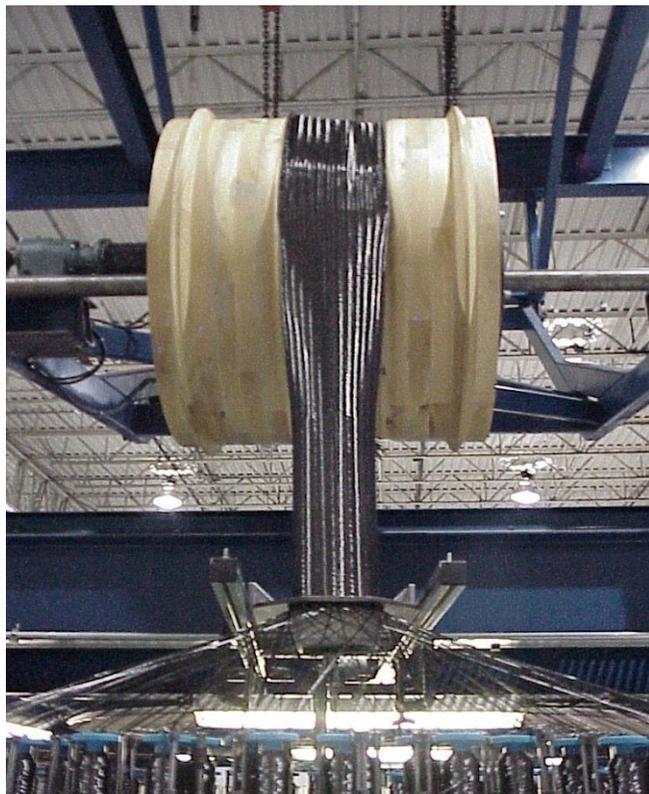


Триаксиальное переплетение

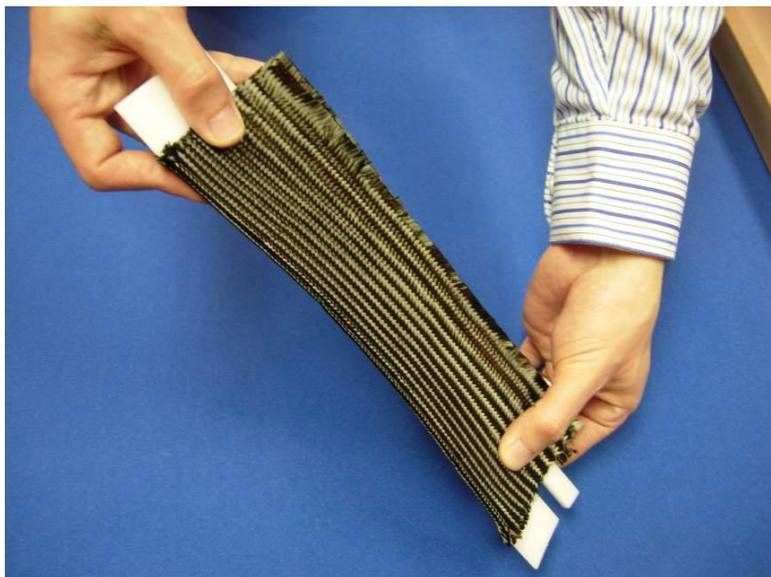


Изготовление обшивки фюзеляжа





Изготовление корпуса
вентилятора и
корпусных деталей



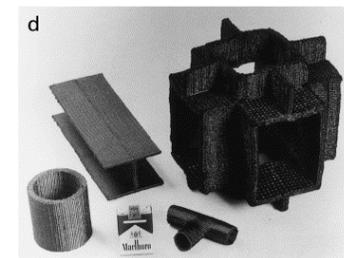
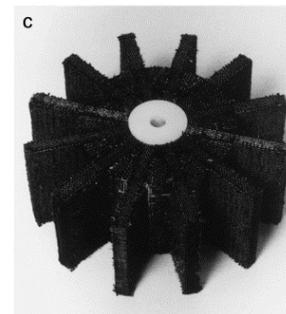
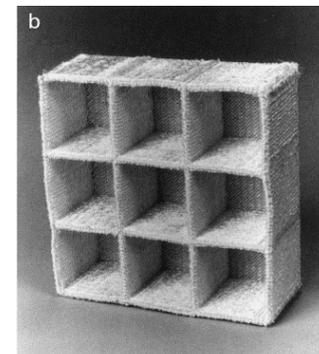
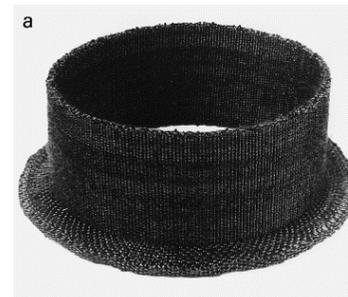
Изготовление лопаток
спрямляющего аппарата вентилятора



=> Технология радиального плетения
нашла широкое применение в
высоконагруженных деталях самолётов и
авиационных двигателей



ALBANY
Engineered Composites



3T



BITEAM

BRM
Bally Ribbon Mills

=> Начинается активное внедрение ПКМ с 3D-ткаемым армированием в детали для самолётов и авиационных двигателей

Компетенциями по производству 3D-тканых лопаток вентилятора в мире обладает только компания **Snecma** (Safran Group, Франция)



Информация о разработках находится в состоянии коммерческой тайны и не подлежит передаче

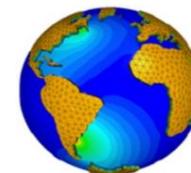
В 2013 году в Рочестер, штат Нью-Гемпшир, США, открыто новое производство по выпуску композитных лопаток вентилятора и корпусов КНД для двигателей серии LEAP-X

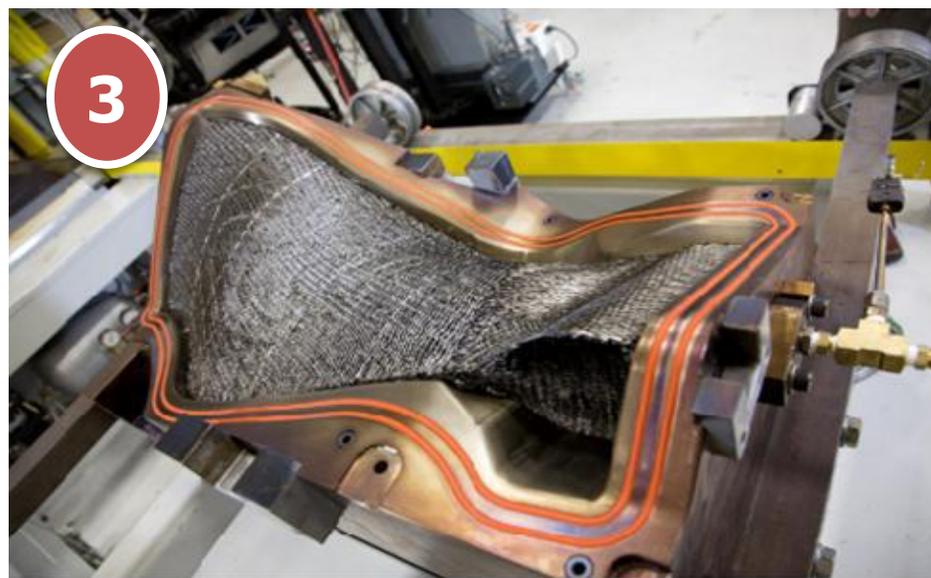
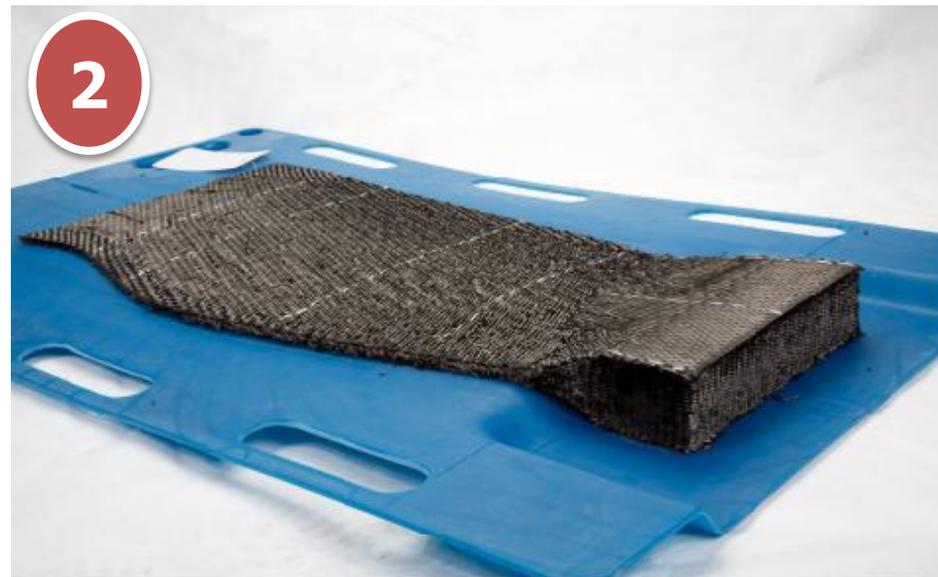
Над проектом по созданию и внедрению композитной 3D-тканой лопатки работала кооперация компаний, университетов и лабораторий

Индустриальные партнеры



Проведение прикладных исследований, проектирования и расчета

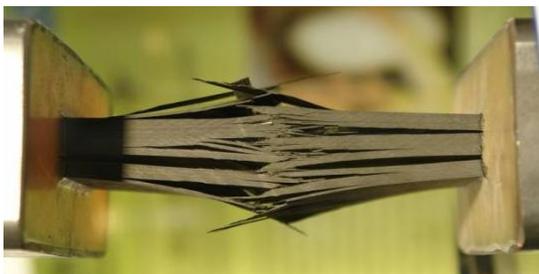




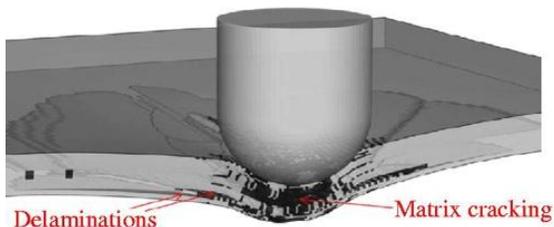


Проблемы традиционных слоистых ПКМ

- Расслоение



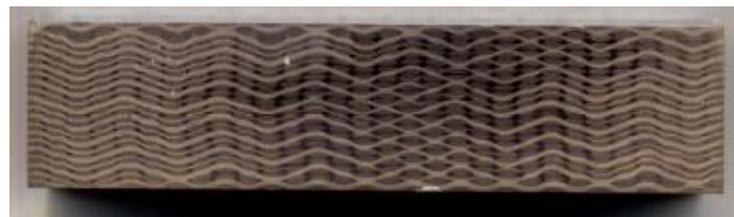
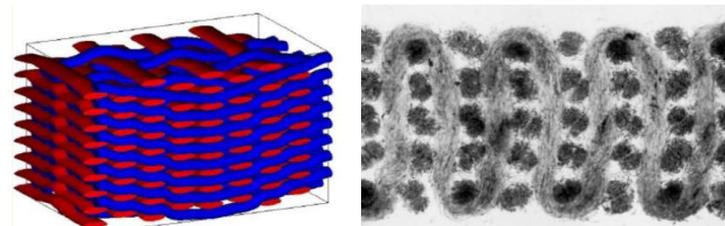
- Низкая ударостойкость



- Низкая живучесть конструкции



ПКМ с 3D-тканым армированием



Повышение надежности
Снижение массы
Уменьшение стоимости

Преимущества:

- Автоматизированный процесс изготовления преформ
- Получение преформ, близких к конечной геометрии
- Проектирование материала под заданные характеристики во всех направлениях
- Повышение сдвиговой прочности и отсутствие расслоений
- Повышение ударостойкости и живучести конструкции

Создание прогрессивных методов проектирования и технологии изготовления высоконагруженных деталей авиационных двигателей из 3D-армированных композиционных материалов

Создание системы виртуального проектирования, изготовления и испытания деталей с 3D-тканым армированием

Применение имитационного моделирования и виртуального производства

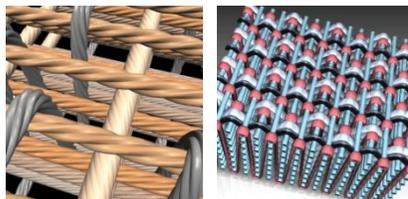
Разработка технологии изготовления преформы методом 3D-ткачества и детали методом трансферного формования

от 2D слоистых композитов к 3D пространственно-армированным композитам с конечной формой детали

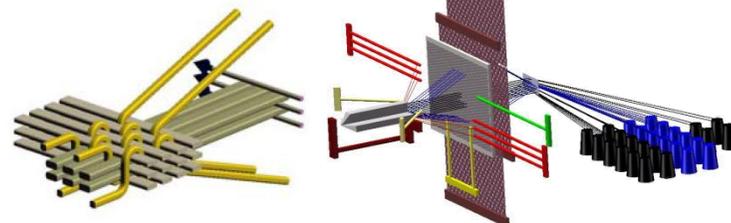


Высокоавтоматизированная технология с низким количеством брака

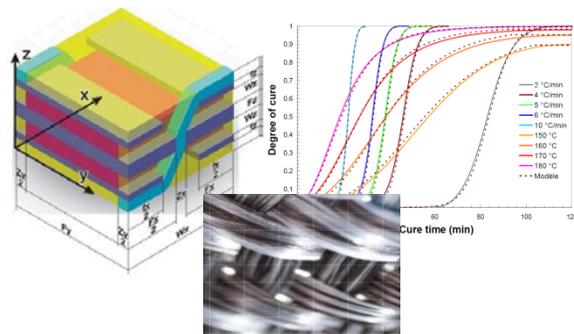
Структура материала



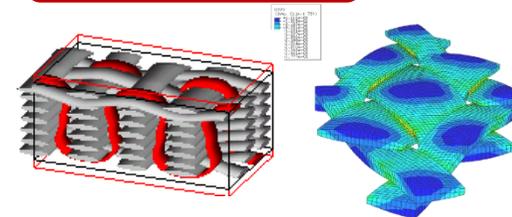
3D-ткачество



Входные данные

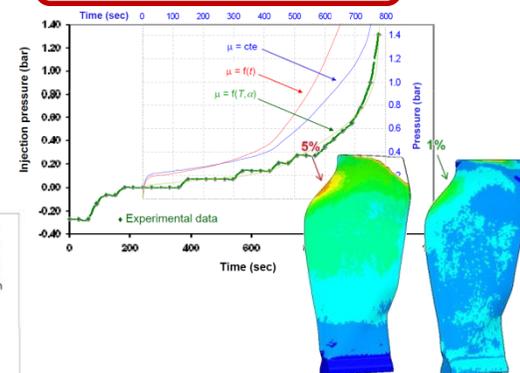


Драпировка



Система виртуального проектирования, изготовления и испытания деталей на основе 3D-армированных ПКМ

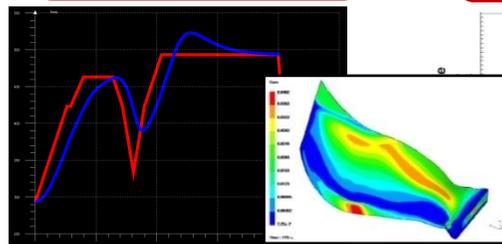
RTM инъекция



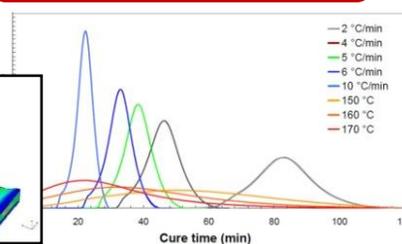
Испытания



Коробление



Полимеризация





Метод: «широкое» ткачество на модифицированном рапирном ткацком станке (Dornier/Staubli)

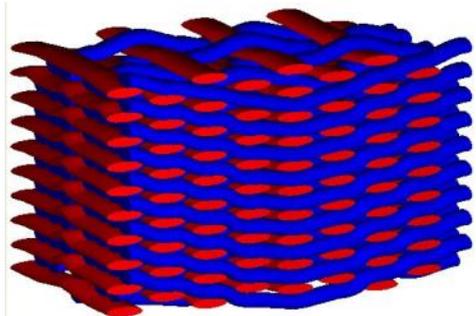
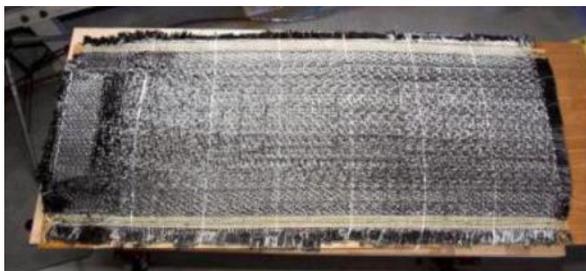


Схема армирования: angle interlock.
Все волокна подвержены изгибу (Crimp Effect)

Доработка преформы: требуется обрезка краёв (выхода волокон)



SATURN + Партнёры

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

Метод: «узкое» ткачество на многочелночном ткацком станке (например, Mageba/Staubli)
→ *получение любой 3D-структуры*

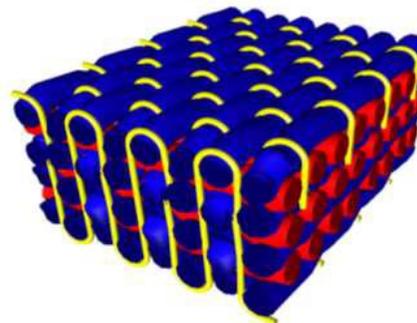
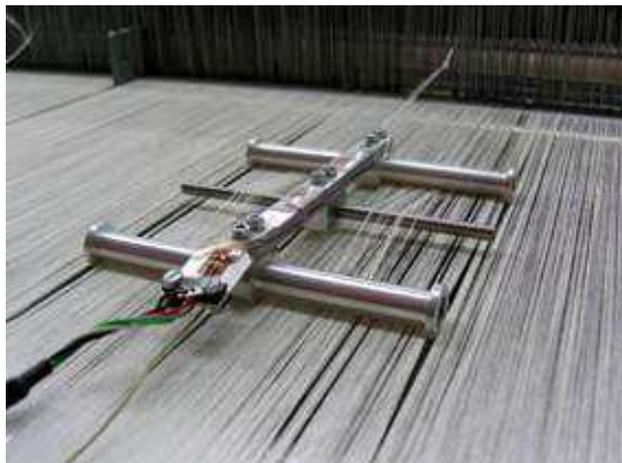


Схема армирования: orthogonal.
Волокна в направлении основы и утка неизогнутые
→ *увеличение прочности на 15-20%*

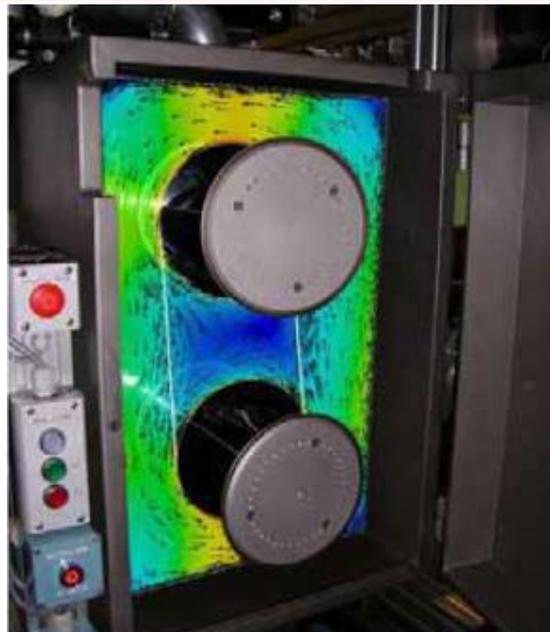
Доработка преформы: не требуется, преформа извлекается из ткацкого станка в окончательном виде, требуется лишь обрезка по длине, нити замкнутые
→ *улучшение прочностных свойств на входной и выходной кромке лопатки*



- Ширина рабочей зоны: до 800 мм
 - Высота рабочей зоны: до 200 мм
 - Количество ручьёв: 1
 - Скорость машины: 20-100 уточин/мин
 - 6-челночный батан
 - Челноки должны иметь устройства регулирования натяжения утка
 - Челноки должны быть пригодными для использования углеродных нитей номиналом 24К, 12К, 6К, 3К, 1К
-
- Механизм веерообразного берда: привод – сервомотор
 - Жаккардова машина, раппорт минимум 200 000 утков
 - Количество аркатных шнуров: не менее 2500 штук
 - Аркатные шнуры с галевами для нитей номиналом до 24К
 - Шпулярник на 1200 бобин
 - Дополнительная изоляция всех электрических компонентов и движущихся деталей в целях избежания оседания филаментной пыли



Измерение натяжения
ОСНОВЫ



Оптимизация теплообмена
в электрошкафах



Контроль качества ткани в
реальном времени



Моделирование потока
для воздушного сопла

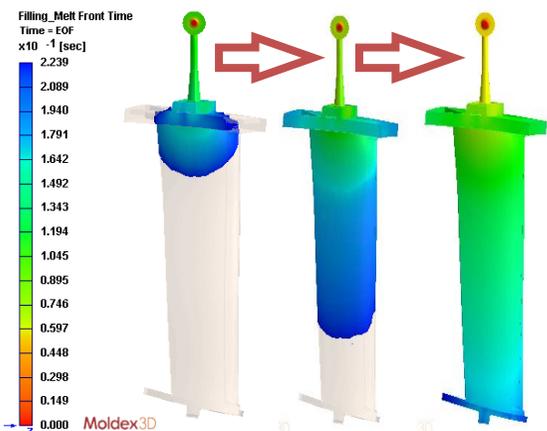


Высокоскоростное видео





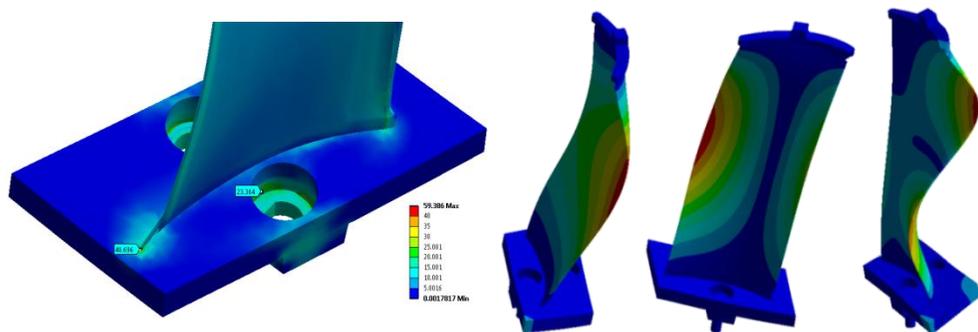
Исследование свойств материалов



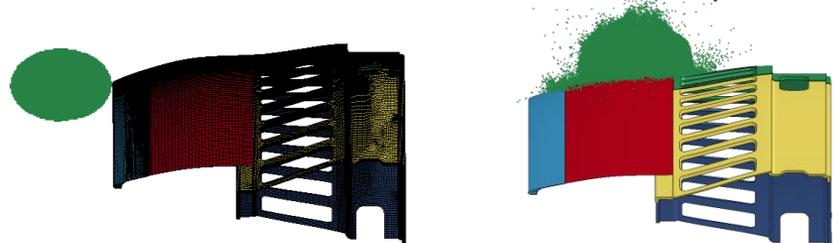
Технологическое моделирование



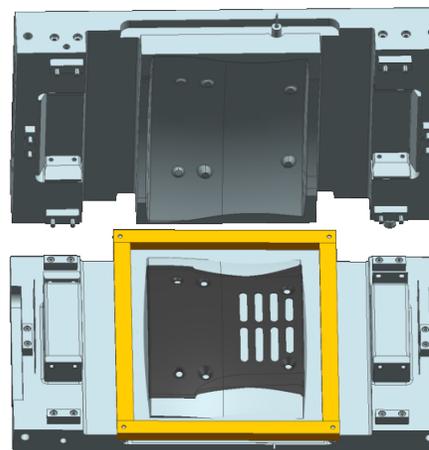
Изготовление прототипов



Анализ статической и динамической прочности

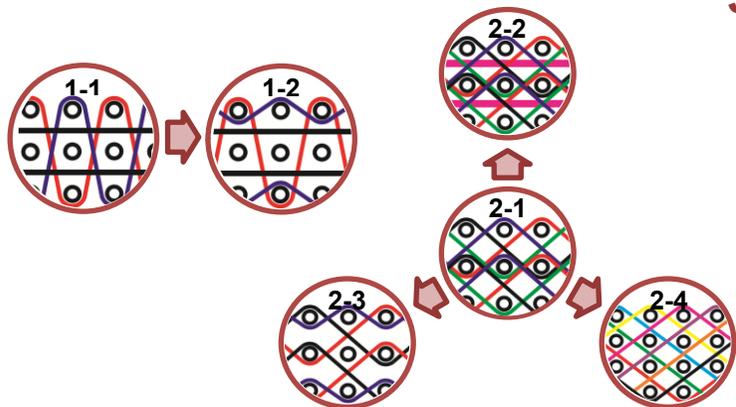


Моделирование попадания посторонних предметов



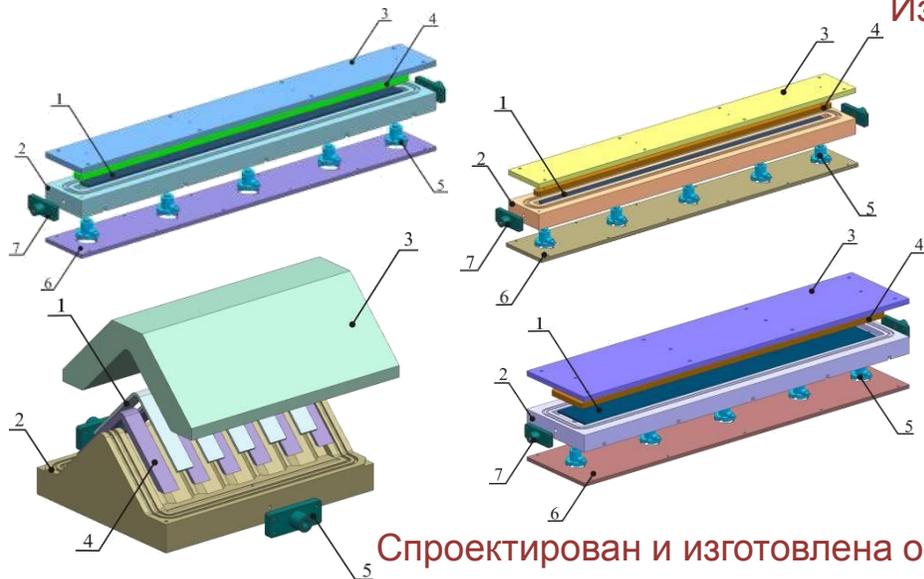
Разработка и изготовление оснастки

Завершённые работы

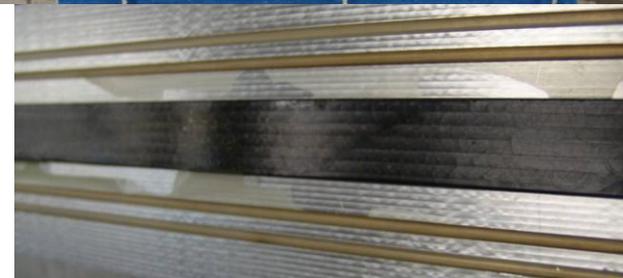


Изготовлены преформы образцов по технологии 3D-ткачества

Выбраны и спроектированы 3D-структуры



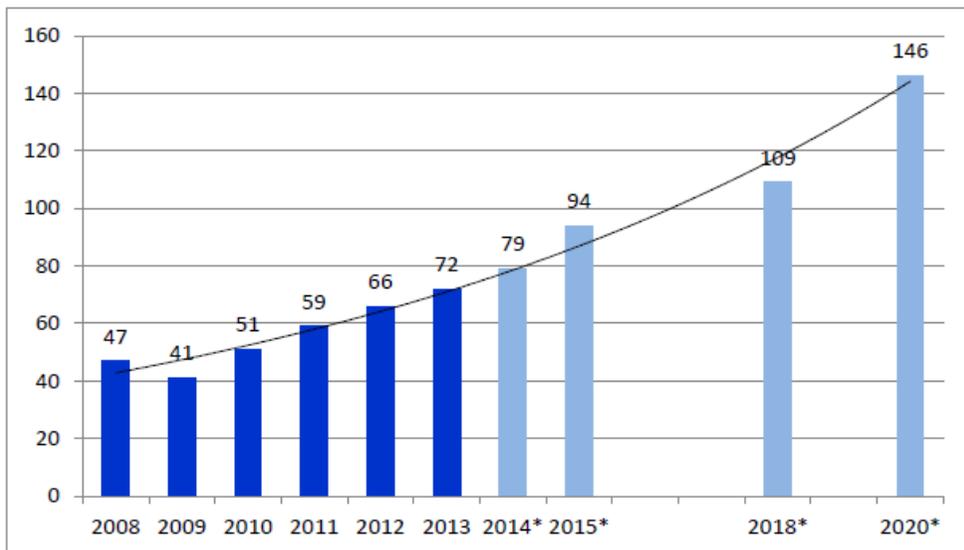
Спроектирован и изготовлена оснастка



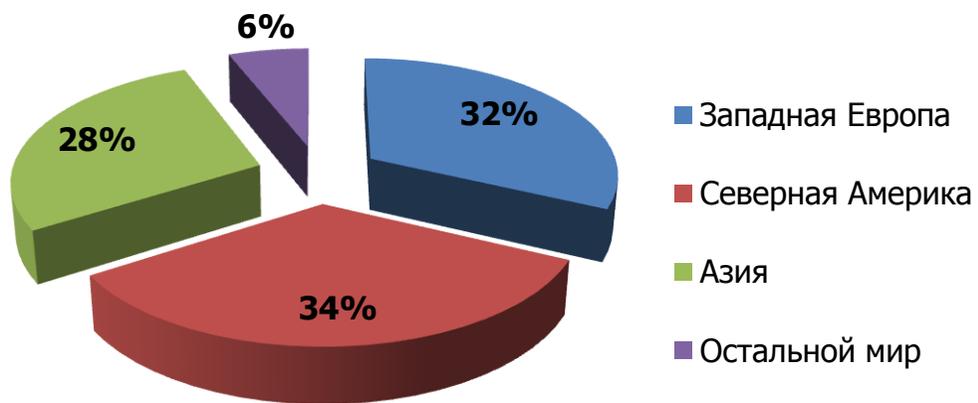
Изготовлены образцы

Текущий статус: Производство партии образцов для испытаний

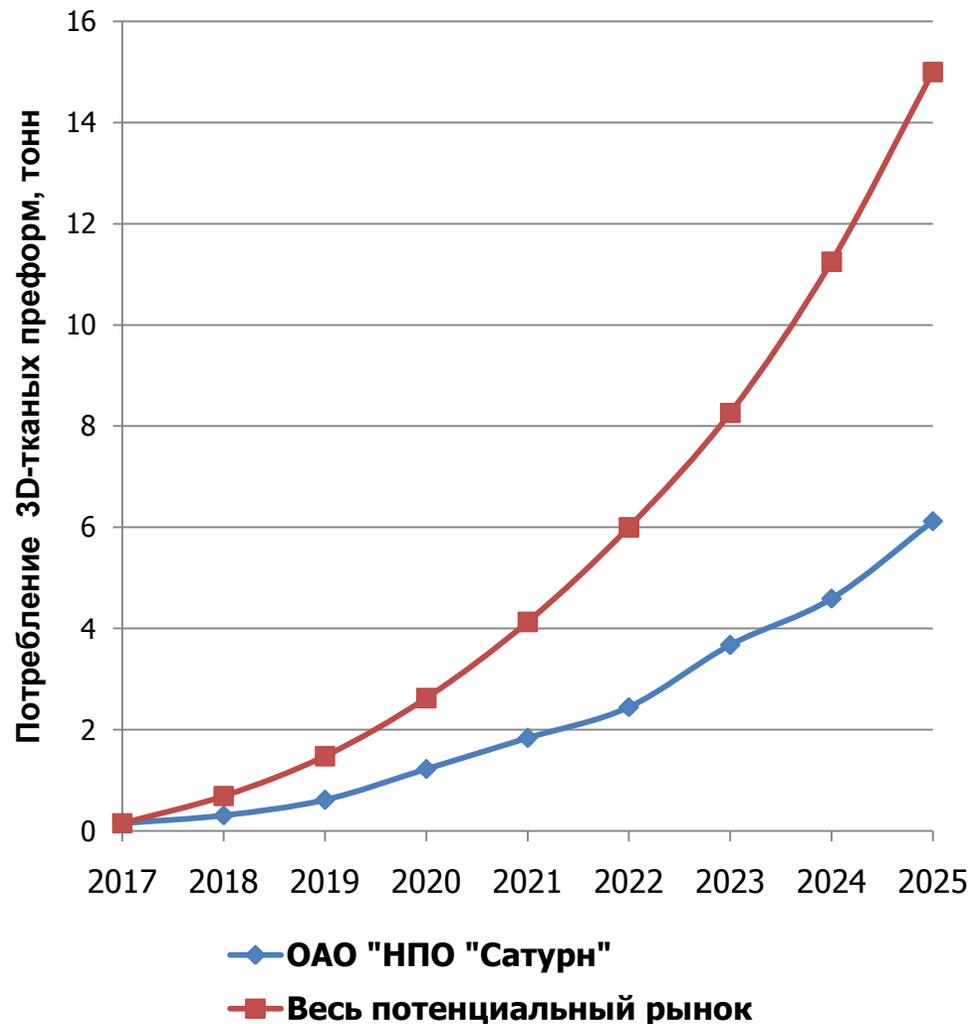
Мировой рынок ПКМ (в 1000 тонн продукции)

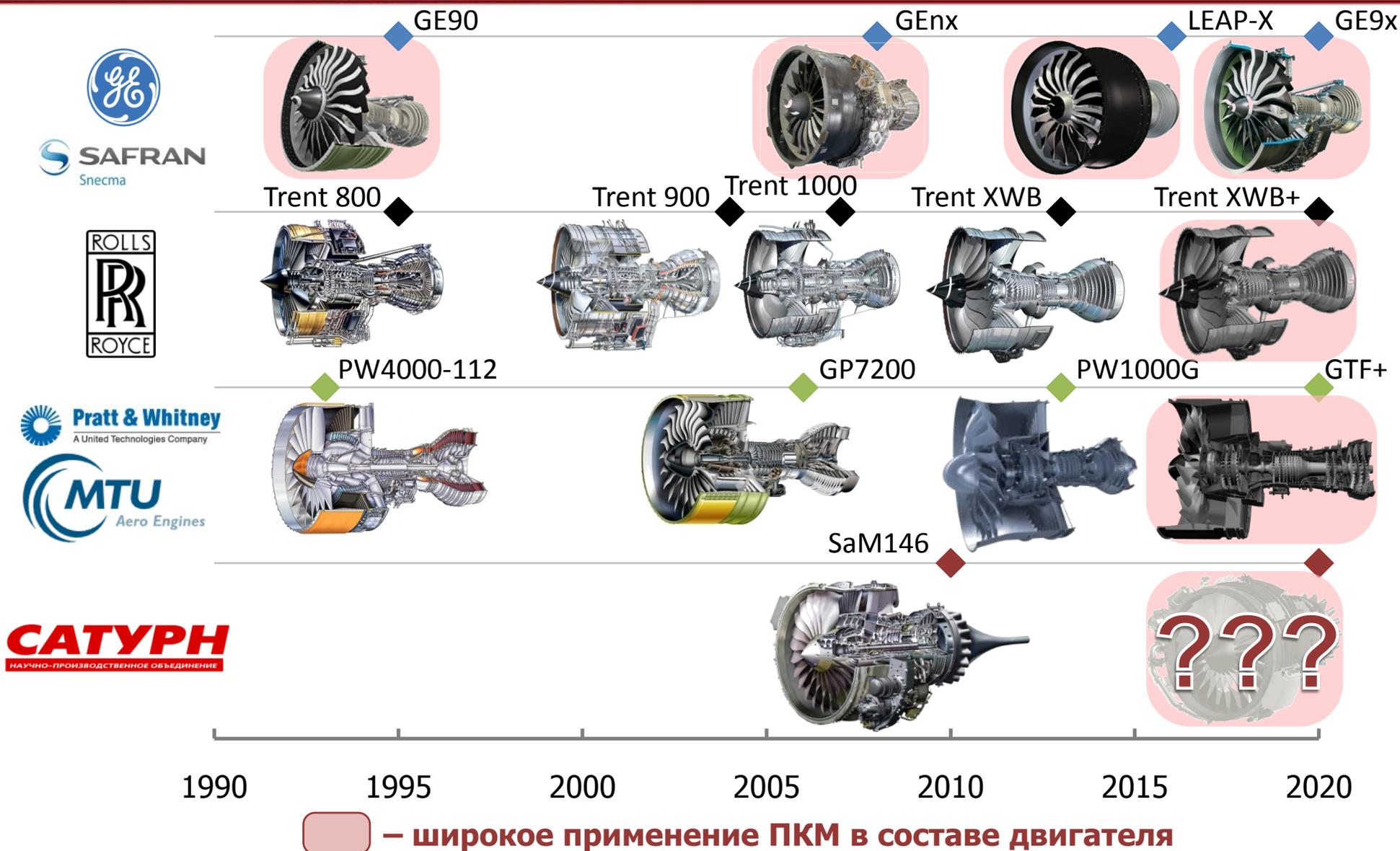


Объем мирового рынка ПКМ в 2014 году: \$14.7 млрд.



Оценка российского рынка потребления 3D-тканых преформ на основе углеволокна до 2025 года





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Коротыгин Артём Александрович

Тел: (4855) 296-756

Моб.: +79201042921

e-mail: artem.korotygin@npo-saturn.ru