

# Новые технологии и новые риски (современные реактивные двигатели)

**JOHN BAYLEY / БОРИС БЫЧКОВ**

10/7/2014

# Глобальная сеть офисов и представительств



10/7/2014

# Наши возможности в урегулировании по ответственности и юридическим услугам

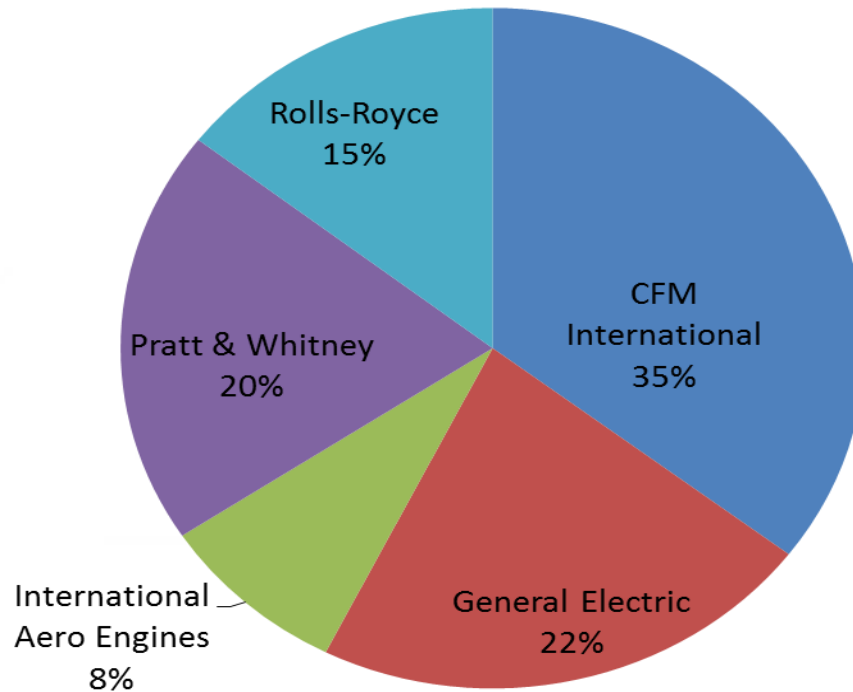


● Юристы по ответственности

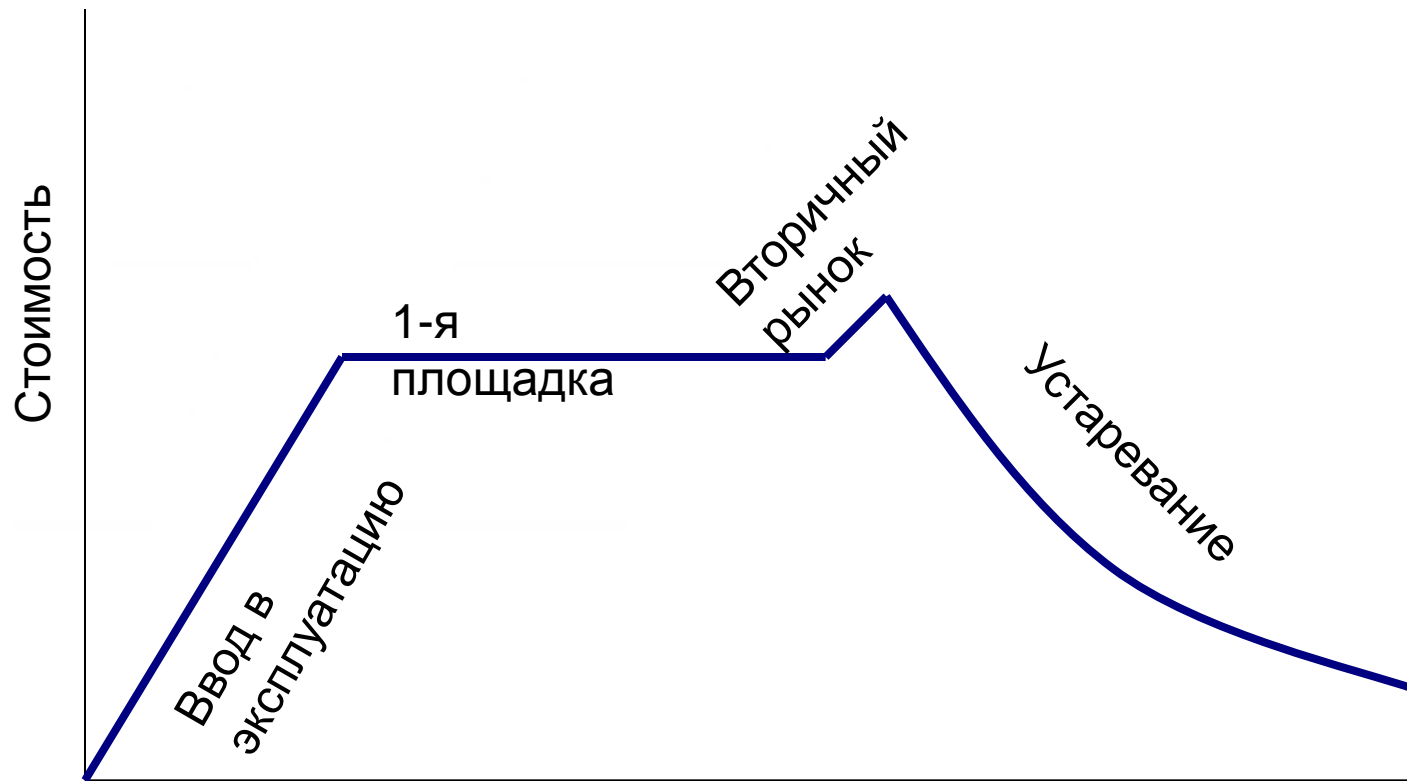
● Авиационные юристы  
[mclarensaviation.com](http://mclarensaviation.com)

Prepared by —  
Date —

### Market Share by Number of Engines



# Жизненный цикл двигателя

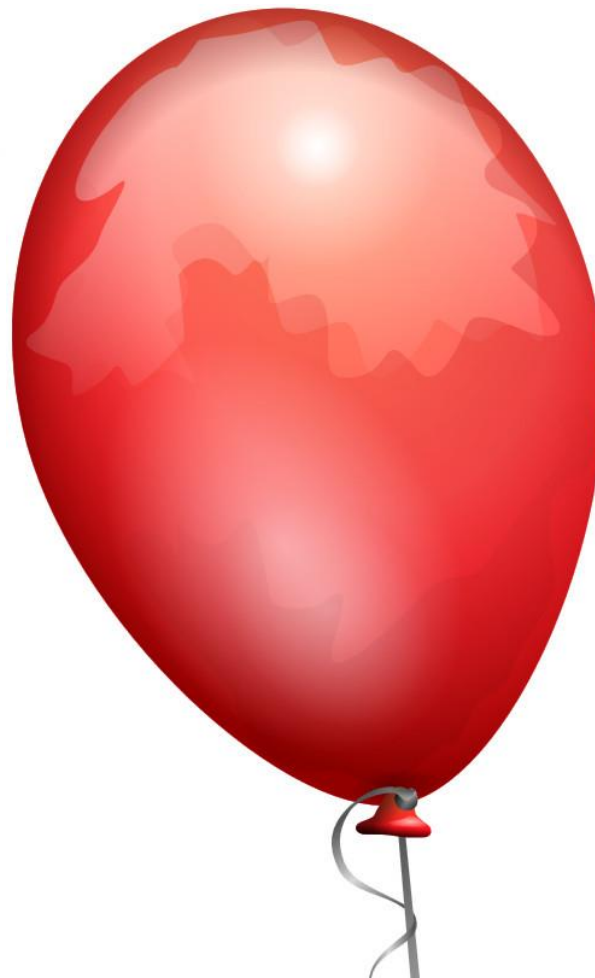


# Как работает реактивный двигатель?



## Третий закон Ньютона

Что произойдет, если развязать нитку на шарике?



## Третий закон Ньютона

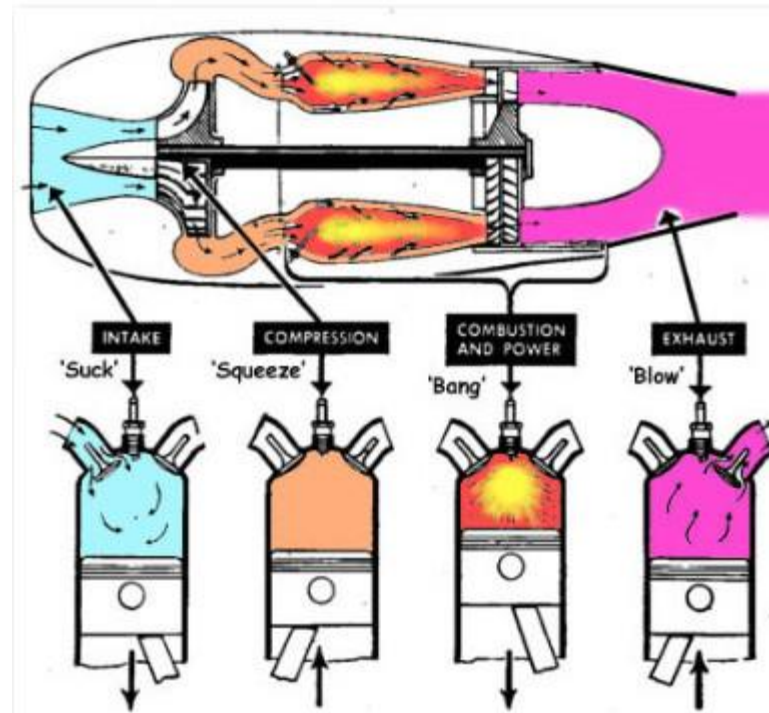
Что произойдет, если развязать нитку на шарике?

“Каждому действию всегда есть равное и противоположное противодействие”





# Впуск – Сжатие – Рабочий ход – Выхлоп

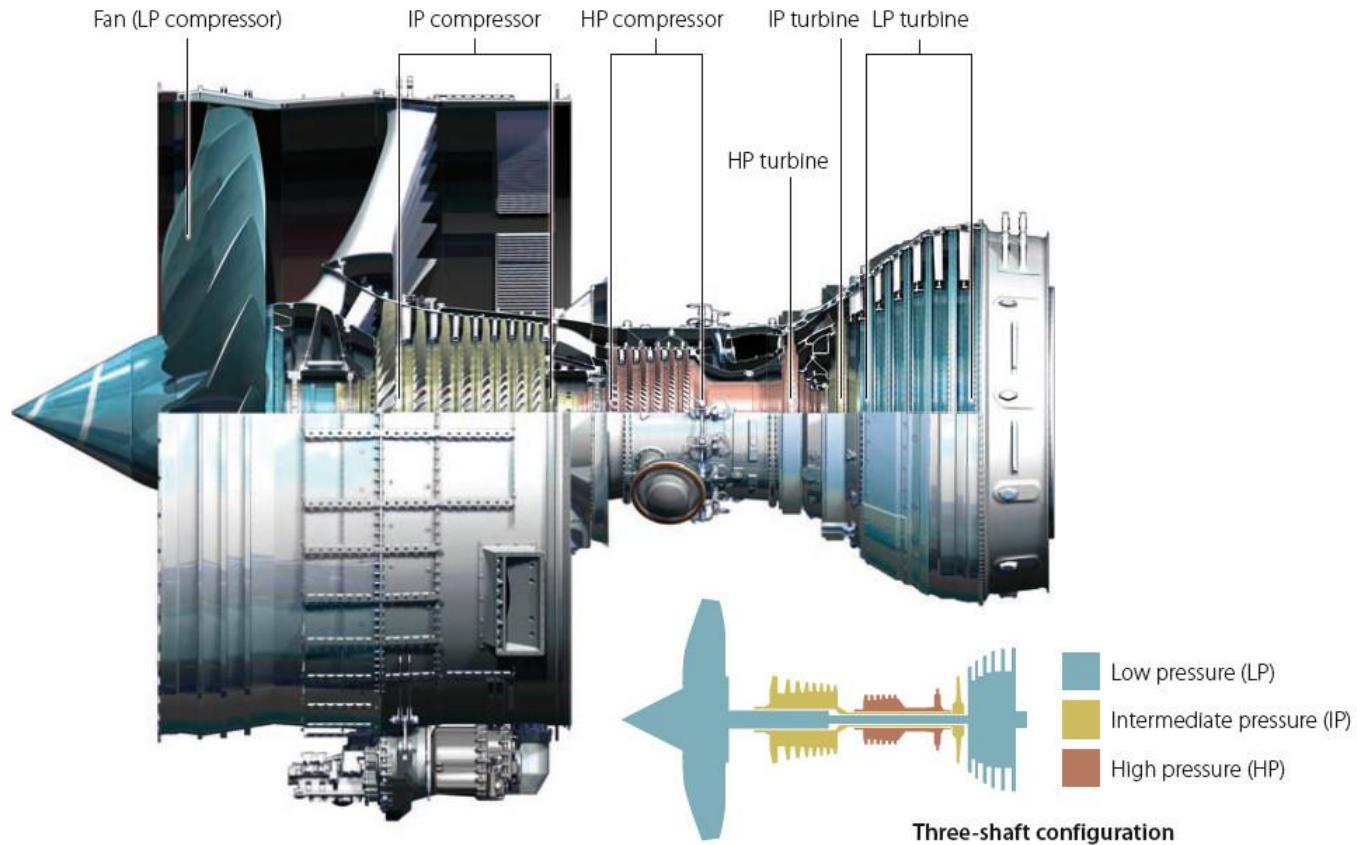


## Рабочий цикл реактивного двигателя

- Тяга поршневого двигателя имеет пульсирующий характер и сглаживается многочисленными цилиндрами и маховиком.
- Реактивный двигатель обеспечивает постоянную тягу.



# Основные компоненты двигателя



## Цели дальнейших разработок

- Увеличение топливной эффективности
- Увеличение ресурса (общего и между снятиями с крыла)
- Увеличение тяги/ Улучшение характеристик
- Снижение шума
- Уменьшение веса
- Снижение расходов на техобслуживание

# Новые проекты изготовителей двигателей



## Rolls Royce Trent 900

- Эволюция двигателей семейства Trent дает технологии с пониженными рисками
- Новая 3D конструкция титановых лопаток вентилятора
- Двигатели Trent 900 установлены на 2/3 текущего парка A380
- Уменьшение расхода топлива на 1.8% (экономия 3.5 тонны на маршруте из Лондона в Сингапур)
- Единственный двигатель A380, который может перевозиться целиком на грузовом Boeing 747



## Rolls Royce Trent 1000

- Эволюция двигателей семейства Trent дает технологии с пониженными рисками
- 2 электрогенератора для самолетов следующего поколения.
- Новая 3D конструкция титановых лопаток вентилятора
- Конструкция двигателя специально создавалась для Boeing 787



## Pratt & Whitney PW1000G

- Используется технология Geared Fan
- У региональных / узкофюзеляжных самолетов топливная эффективность вырастет на 10 – 15%
- Эксклюзивный двигатель для Bombardier C Series
- Вариант для Airbus A320neo





## CFM Leap X

- Уменьшение расхода топлива на 16% по сравнению с CFM 56, которому он пришел на смену
- Монолитная конструкция лопаток и диска (блиск), используемая в компрессоре
- Оптимизированная камера сгорания для улучшения топливно-воздушного потока
- Увеличение коэффициента двухконтурности по сравнению с CFM 56.



## Engine Alliance GP7200

- Альянс между GE и Pratt & Whitney.
- Двигатель изначально разработан для отмененной серии Boeing 747-500/600, позже принят как вариант для Airbus A380.
- Основан на двигателе General Electric GE90 engine. Используется усовершенствованная технология с пониженными рисками.

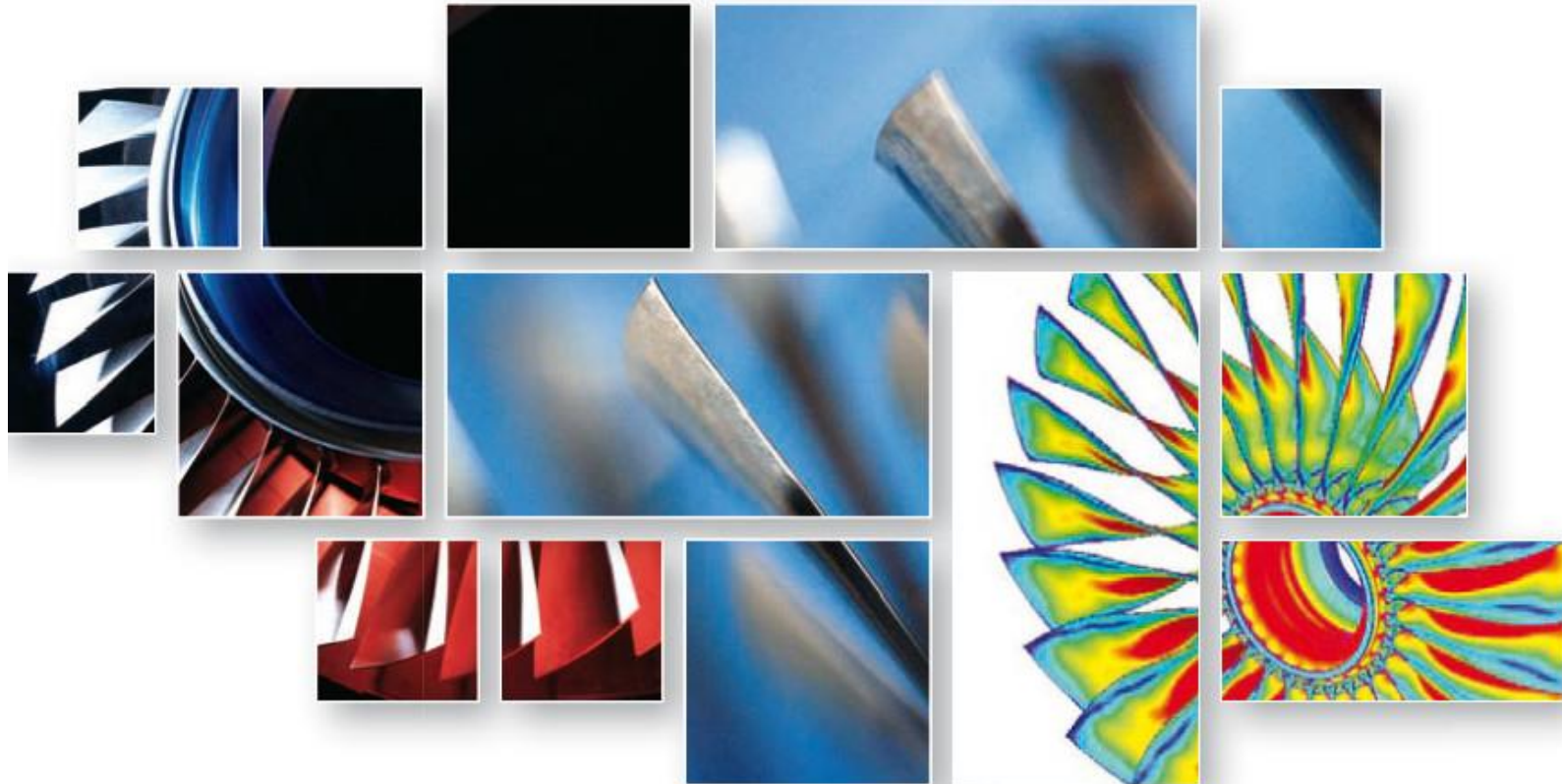


## General Electric GEnx

- Основанный на GE90, GEnx модифицирован для установки на 787. Основное изменение – отсутствие отбора воздуха.
- Внутренние рабочие температуры снижаются за счет эффективного охлаждения
- Углепластиковые композитные лопатки вентилятора и кевларовый/углепластиковый корпус вентилятора дают значительное снижение веса.
- В компрессоре используются блиски.



# Более подробно о технологии реактивных двигателей



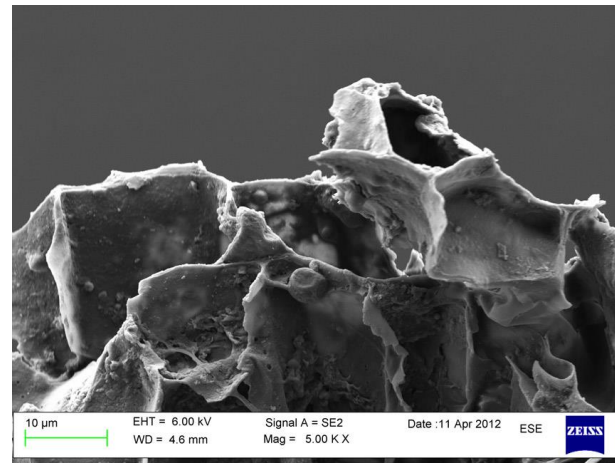
## Монокристаллические лопатки турбины

### Преимущества

- Отсутствие межзеренной границы
- Прочность
- Никаких проблем между зёрнами

### Недостатки

- Дороговизна
- Ограничения по возможностям ремонта
- Монопольное положение изготовителя



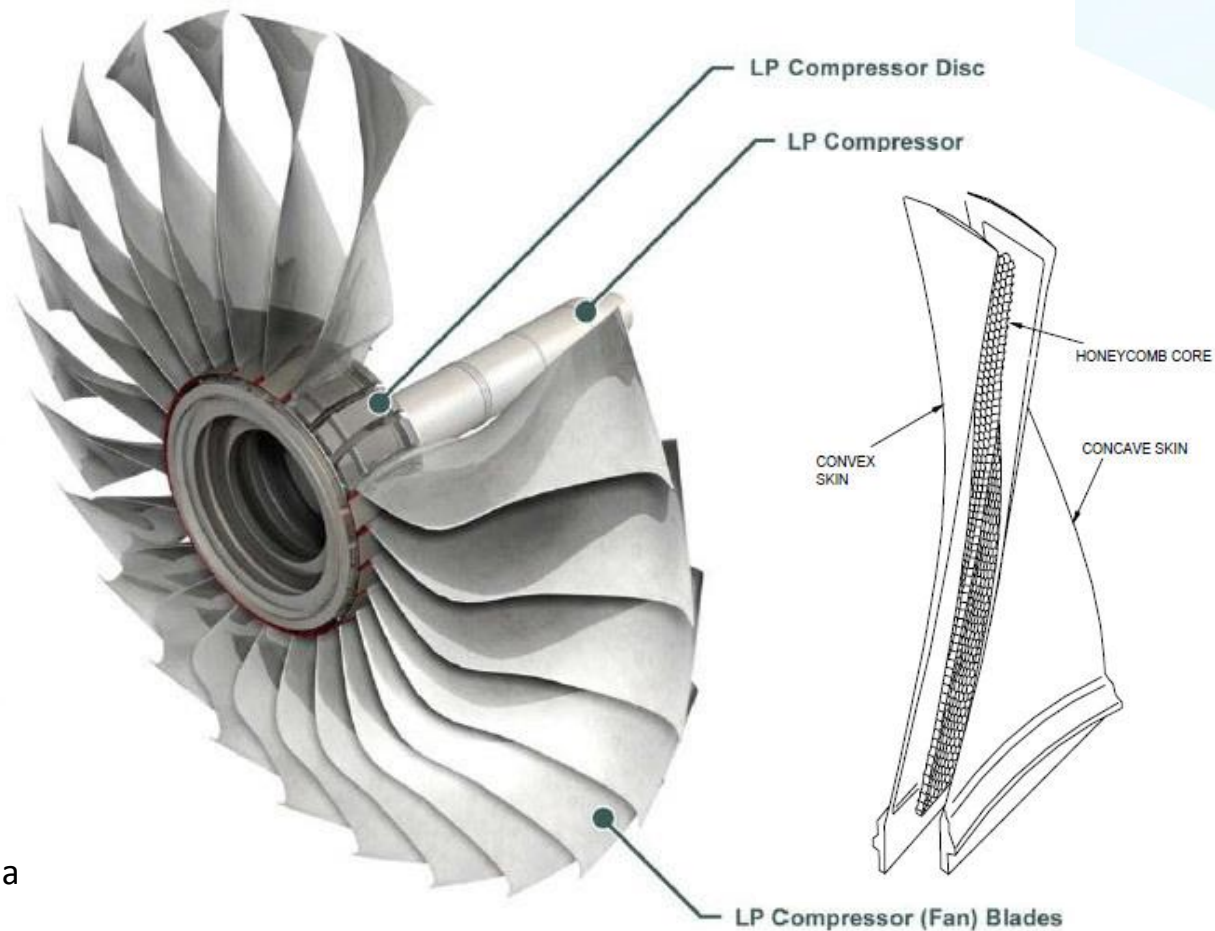
## Лопатки вентилятора из титановых сплавов (Rolls Royce)

### Преимущества

- Ударостойкость и конструкция допускают загибы от ударов FO.
- Допускаются широкие хорды.
- Проверенная и высокоразвитая технология.
- Материал позволяет выполнение мелкого ремонта в ходе эксплуатации.

### Недостатки

- Различные слои могут расслаиваться в эксплуатации и растрескиваться.
- Лопатки из титановых сплавов на 20% тяжелее, чем их современные аналоги из углеволокна.



## Лопатки вентилятора из углеволокна (GE)

### Преимущества

- Легче, чем аналогичные лопатки из титановых сплавов.
- Раскалываются под влиянием высоких ударных нагрузок, причиняя меньшие вторичные повреждения.
- Углеволокно работоспособно при повреждениях (препятствует развитию трещин).

### Недостатки

- Ограничения по ремонту.
- Дорогостояще в производстве.



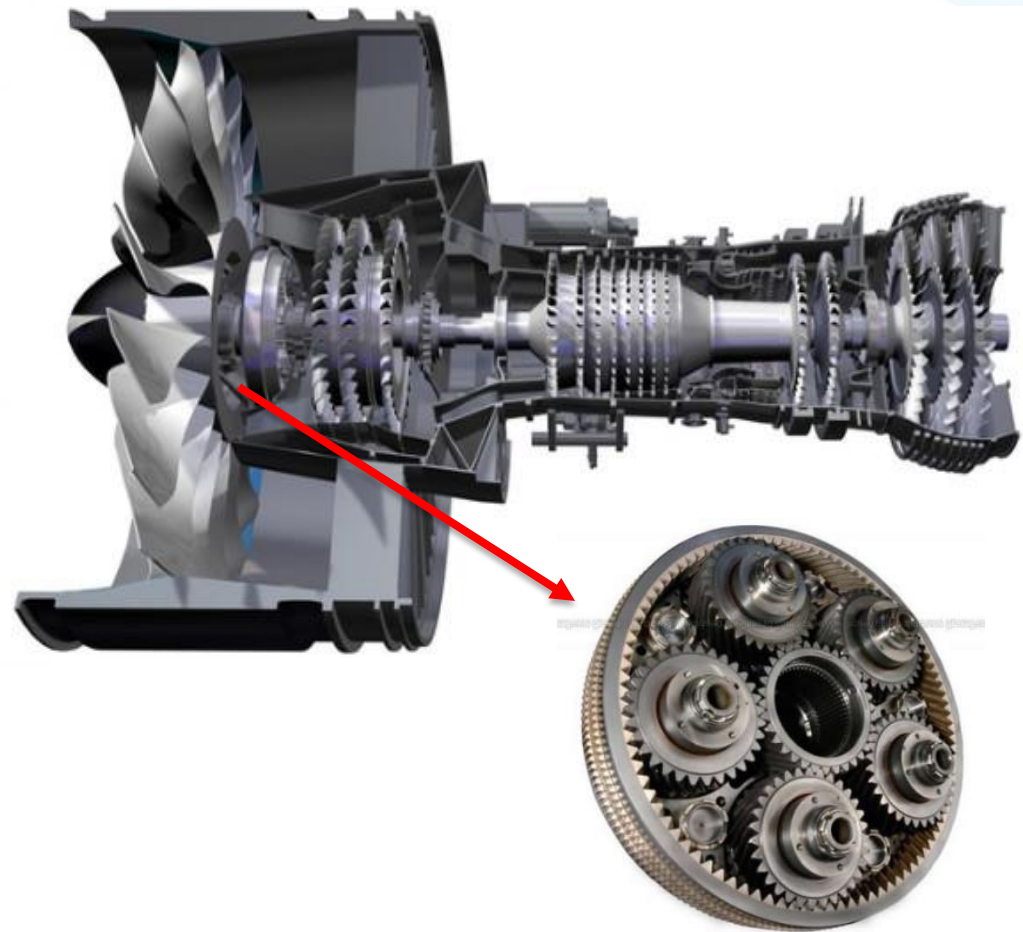
# Редукторный привод вентилятора

## Преимущества

- Повышение эффективности работы двигателя.
- Снижение уровня шума.

## Недостатки

- Более высокая стоимость производства.
- Более высокая стоимость техобслуживания.
- Более высокая стоимость и осложнения в случаях повреждения посторонним предметом / столкновения с птицей.





# Блиск (Blade & Disk)

## Преимущества

- Уменьшение числа компонентов упрощает производство.
- Лопатки, не имея замка меньше подвержены образованию трещин.
- Более легкая балансировка.

## Недостатки

- Высокая стоимость ремонта, поскольку замена отдельных лопаток невозможна.
- Для замены блиска требуется глубокая разборка двигателя

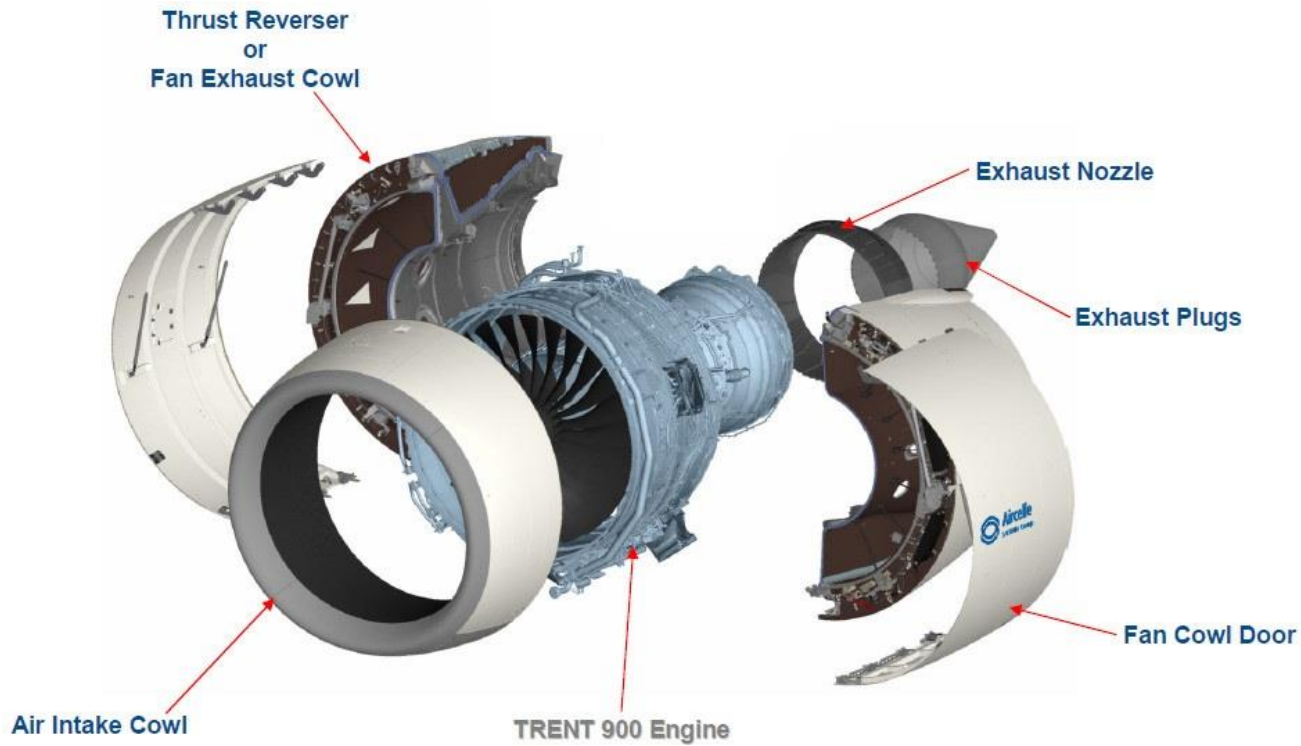


## Физические размеры двигателя (продолжение)

- Грузовые Boeing 747 недостаточно большие для перевозки целиком двигателей нового поколения со сверхвысокой степенью двухконтурности.
- Аренда самолетов, достаточно больших для перевозки таких двигателей, очень дорогостояща – более 500 000 долл. США (Ан-124).
- Автоперевозка обойдется дешевле, но при этом возникают проблемы со сроками доставки и с сопровождением.



# Физические размеры двигателя



Спасибо за внимание.  
Вопросы?