



Кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов

Тема лабораторной работы:

«Оптимизация корпусов ГТД по массе с обеспечением требований удержания оборвавшейся лопатки»

Выполнил: студент группы 2223- 240405 D

Гринюк Юрий Иванович

Проверил:

Фалалеев Сергей Викторинович

Самара 2019



### Цель работы

Оптимизация корпусов ГТД с целью получения конструкции обеспечивающей требования по удержанию оборвавшейся лопатки вентилятора и







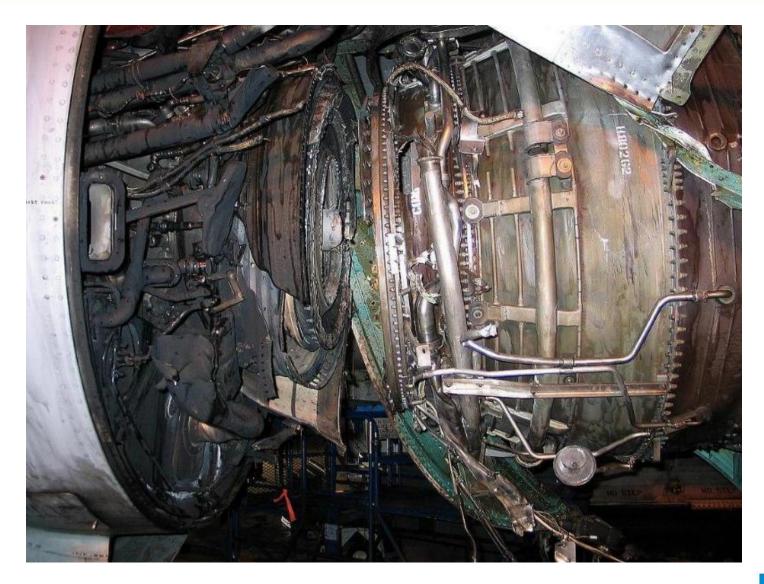
## Отказы и повреждения возникающие в процессе эксплуатации газотурбинных двигателей

- обрыв рабочих лопаток компрессоров и турбин
- трещины в направляющих и спрямляющих аппаратах компрес соров
- повреждения проточных частей компрессоров и турбин из-за попадания в них твердых предметов
- обгорание направляющих и рабочих лопаток турбин
- обрыв крепежа
- трещины в дисках, диафрагмах и сопловых аппаратах турбин
- деформации, трещины и прогорание камер сгорания и жаровых труб
- неисправности рабочих и пусковых топливных форсунок
- неисправности топливо-регулирующей аппаратуры
- неисправности подшипников
- неисправности контрольно-измерительной аппаратуры и систем управления





## Актуальность проблемы обрыва лопатки





### Энергетическая методика ЦИАМ

**О**пределение непробиваемости корпуса вентилятора по методике ЦИАМ:

Кинетическая энергия оторвавшейся лопатки  $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$ 

Работа для пробития корпуса:

$$A = h \cdot F_{max} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot k + n\right)$$
$$F_{max} = L \cdot h \cdot \tau_{cp}^{\text{дин}}$$

Условие непробиваемости:

 $E_k \le A$  (минимальный запас 1.2)





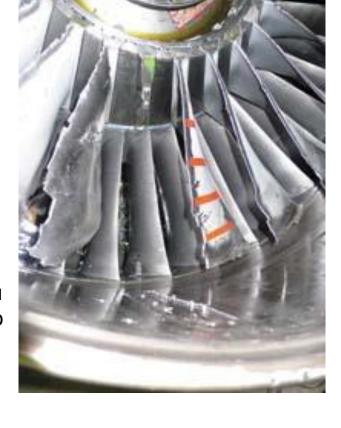




### Успытание вентилятора на обрыв лопатки

Испытания изделия проводились в полном соответствии с программой. После выхода на вращения был заданную частоту включен Частота лопатки. нагреватель вращения поддерживалась постоянной с точностью ±5 об/мин. При достижении температуры на поверхности среднего участка ослабленного сечения 188°C произошел обрыв лопатки (примерно, через 20 с. после включения нагрева).

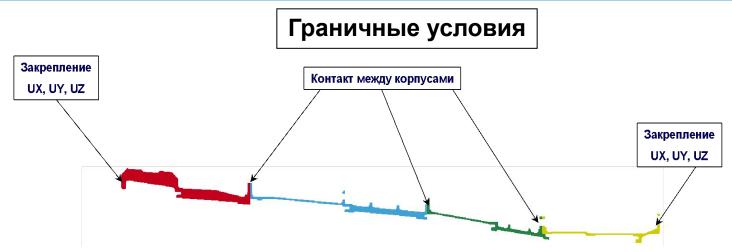
В результате осмотра объекта испытаний были обнаружены повреждения корпуса вентилятора с трещинами (основная и сопутствующая). Максимальное выпучивание корпуса в радиальном направлении 35 мм. В контрольном экране разгонного стенда следов вылета лопатки не обнаружено.





# \$

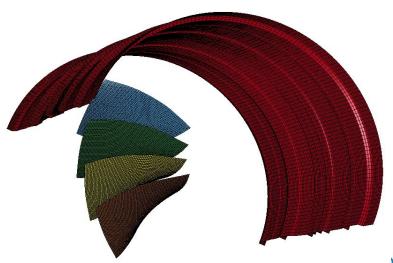
## Пример расчетной схемы задачи по оптимизации корпусов ГТД



Корпуса и лопатки выполнены из титана VT6.

Взаимодействие между лопатками и корпусом осуществляется за счет контактного взаимодействия.

Критерий разрушения для лопаток: пластические деформации > 10%



#### Постановка задачи оптимизации

Критерий оптимизации: - масса корпуса

Ограничения: - пластические деформации (10%)

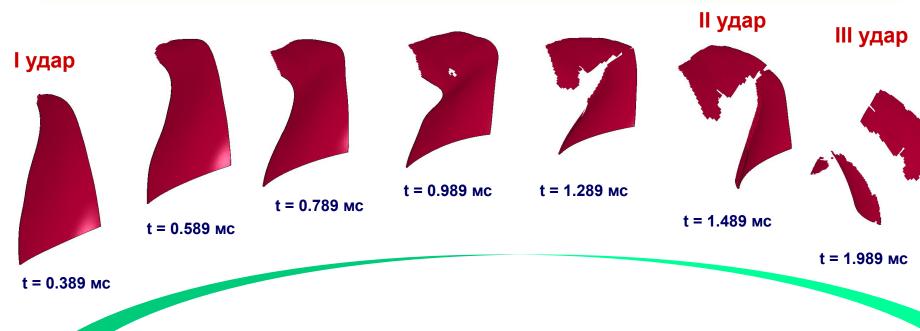
(непробиваемость корпуса)

Параметры: - толщина корпуса





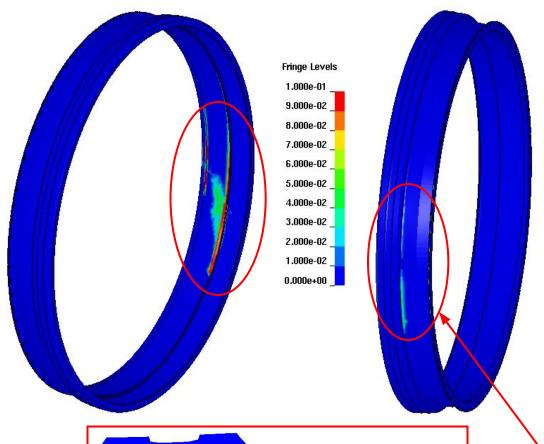
#### Фрагментация лопатки первой ступени вентилятора



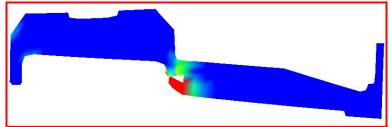


# **(S)**

## Пластические деформации на поверхности первого корпуса вентилятора



Высокий уровень пластических деформаций на внутренней поверхности корпуса возникает из-за трения элементов оборвавшейся лопатки корпусом. Происходит счесывание небольшого слоя металла из-за взаимодействия оборвавшейся лопатки C поверхностью корпуса.

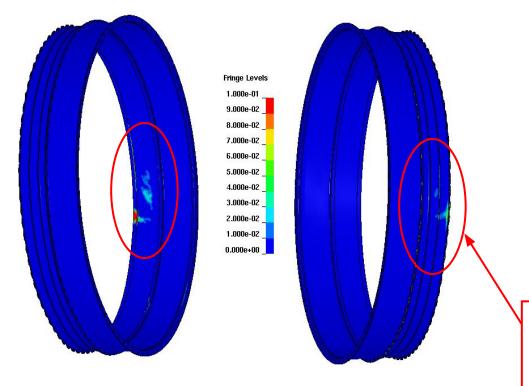


Максимальное значение пластических деформаций на внешней поверхности корпуса равно 6%



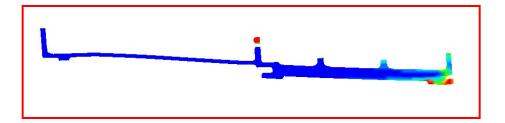


## Пластические деформации на поверхности второго корпуса вентилятора



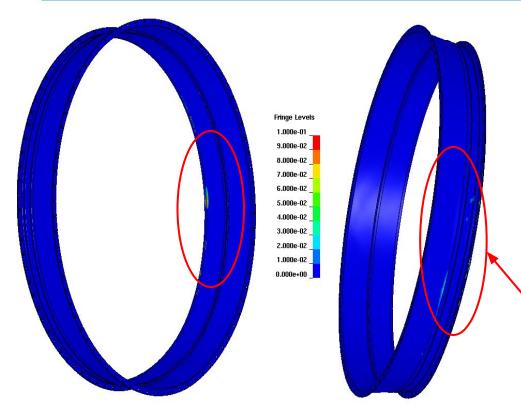
Из-за трения материалов на внутренней поверхности пластические деформации > 10 %, но их распространение по толщине корпуса незначительно.

Максимальное значение пластических деформаций на внешней поверхности корпуса равно 4%



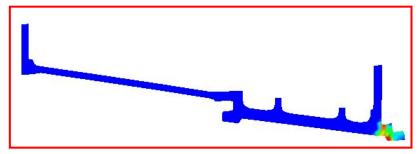


## Пластические деформации на поверхности третьего корпуса вентилятора



Ha внутренней поверхности небольшое пятно от контактного взаимодействия фрагментов лопатки с корпусом. Из-за трения внутренней материалов на поверхности пластические деформации больше 10 %, но их распространение ПО толщине корпуса незначительно.

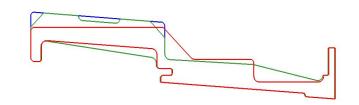
Максимальное значение пластических деформаций на внешней поверхности корпуса равно 3%





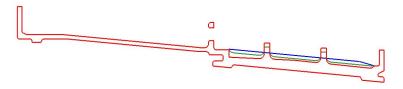
### Результат оптимизации

корпус полученный по методике ЦИАМкорпус после 1 шага оптимизациикорпус после 2 шага оптимизации

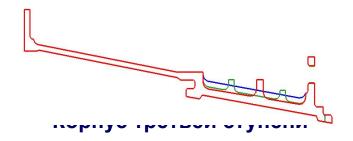


#### Корпус первой ступени

Нумерация корпусов	1	2	3	Сумм
Рассчитанный по методике ЦИАМ	24.25	13.46	7.47	45.18
1-ый шаг оптимизации	23.12	12.23	6.56	41.91
2-ой шаг оптимизации	19.04	11.29	6.33	36.66
Снижение массы в %	21.49	16.12	15.23	18.86



#### Корпус второй ступени





### Выводы

Анализ результатов оптимизации показал, что максимальный выигрыш по массе составил 21.49% и был получен для корпуса первой ступени компрессора КНД.

Нумерация корпусов	1	2	3	Сумм а
% уменьшения массы относительно методики ЦИАМ	21.49	16.12	15.23	18.86

#### Выводы

- 1. Разработан комплекс, позволяющий производить оптимизацию корпусов компрессоров и турбин в автоматическом режиме.
- 2. Применение данной методики позволило снизить суммарную массу проектируемых корпусов на 18.86% относительно расчёта по методике ЦИАМ







## Спасибо за внимание!