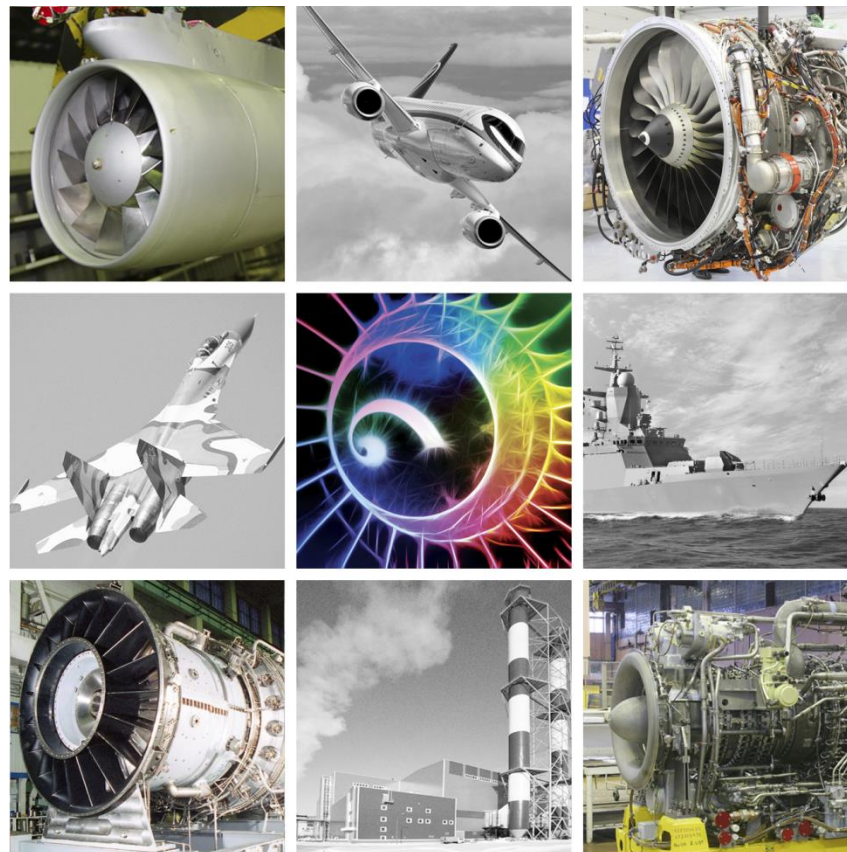
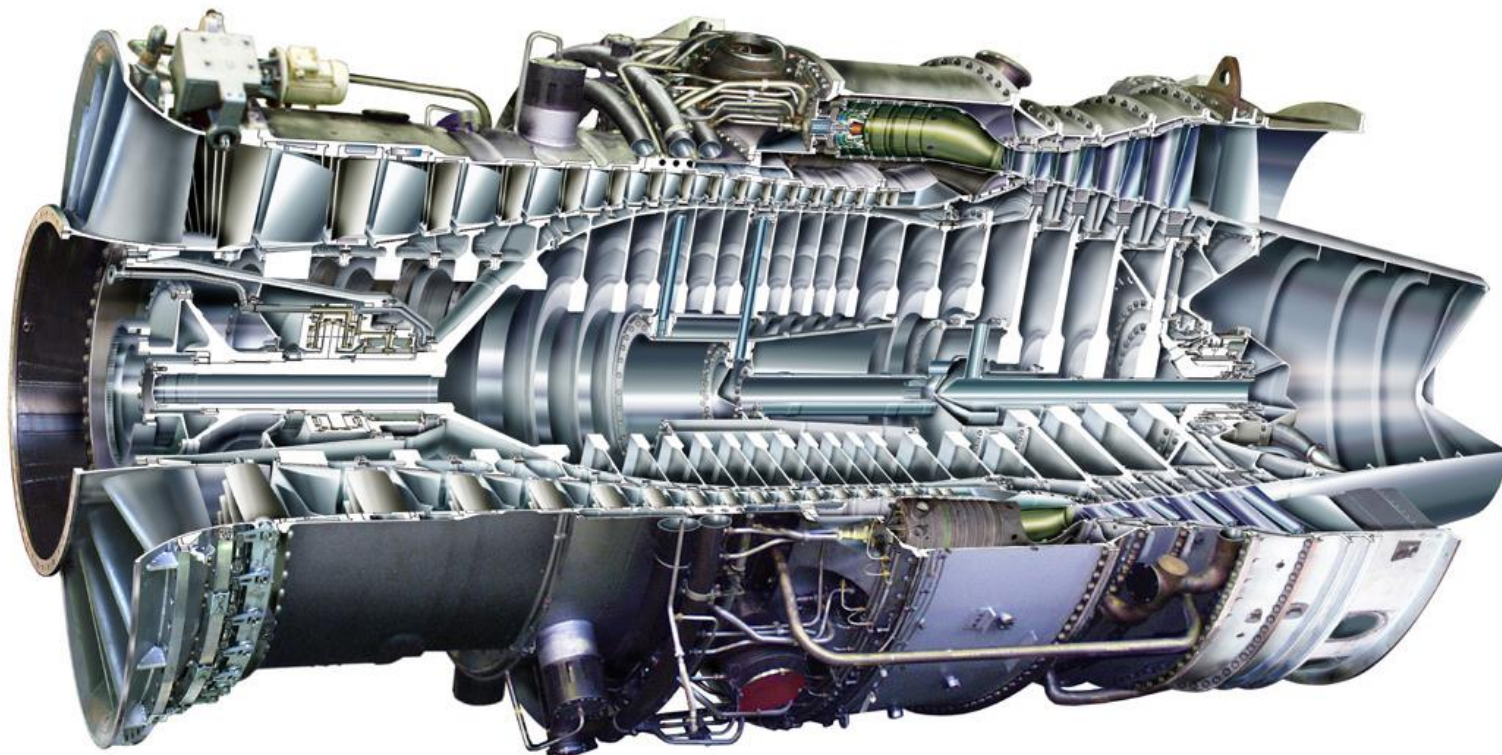


Мероприятия по повышению  
надежности и предложения по  
развитию мощностного ряда.



30 июня 2015 г.



Двигатель ГТД-110М газотурбинный, однокаскадный с двухпорным ротором, простого термодинамического цикла, с отбором мощности со стороны компрессора.

Двигатель устанавливается на раме.

Компрессор – осевой, пятнадцатиступенчатый, с регулируемым ВНА

Камера сгорания – трубчато-кольцевая, с двадцатью жаровыми трубами

Турбина – четырехступенчатая, с охлаждаемыми рабочими лопатками первой и второй ступеней

## Целевые характеристики и технические показатели ГТЭ-110М

В соответствии с предварительным технико-экономическим обоснованием проекта создания модернизированной газовой турбины ГТД-110М установлены следующие целевые параметры в условиях ISO:

Номинальная мощность – 118,6 МВт  
Коэффициент полезного действия – 36%

Ресурс между капитальными ремонтами – 25 000 часов при числе пусков не более 300  
Ресурс до списания - 100 000 часов при числе пусков не более 1000

Экспертной комиссией утвержден в качестве целевой характеристики узлов, деталей, механизмов ГТЭ-110 комплексный целевой показатель:

- ресурс между капитальными ремонтами 25 000 эквивалентных часов с промежуточными периодическими инспекциями.

## Эксплуатация жаровой трубы с разъемным газосборником



Три опытные жаровые трубы новой конструкции  
наработали в составе ГТД-110 **9 611 экв. часов.**  
(на 24.06.15) и продолжают эксплуатироваться  
в составе ГТД-110 №4

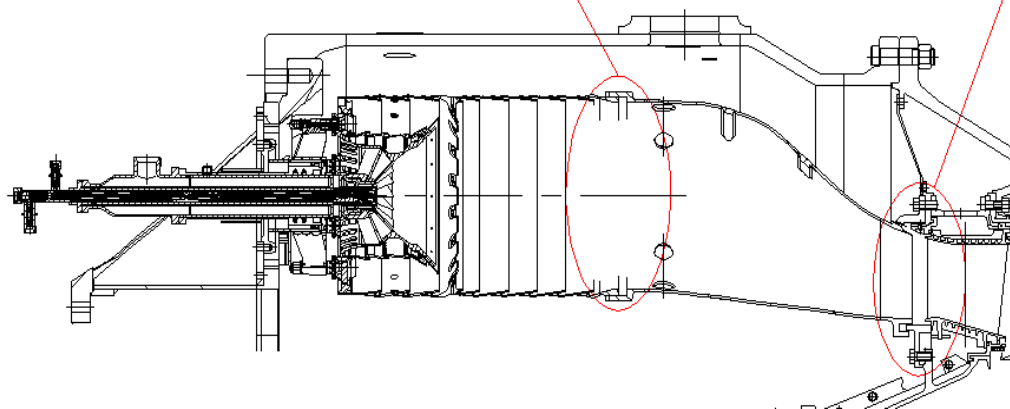
Лицензионная конструкция



Новая конструкция

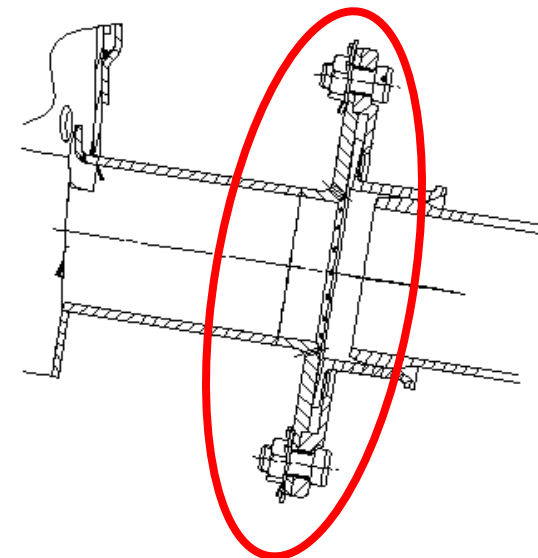
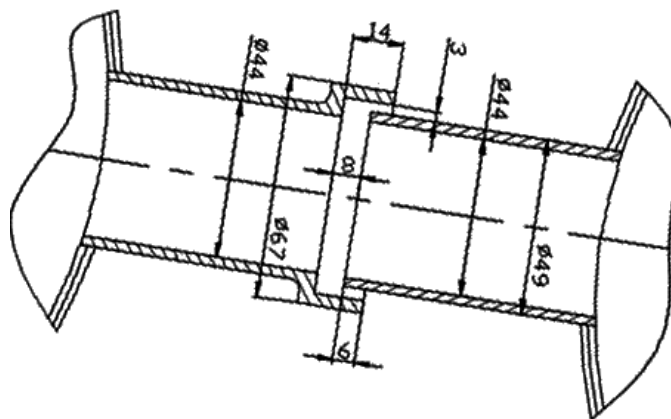
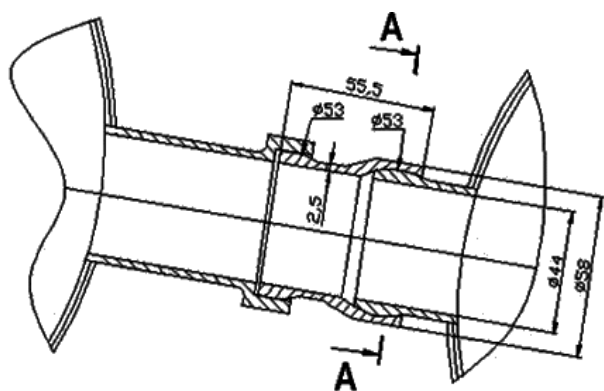
*Разъем между корпусом жаровой  
трубы и газосборником*

*Новая конструкция обоймы  
газосборника*



На ГТД-110 № 3 и №4 установлены комплекты разъемных жаровых труб (20 шт. на изделие), наработка в эксплуатации лидерного комплекта составляет **6 906 экв. часов.** Остальные двигатели будут доработаны при проведении ремонтов.

- Разработана и внедрена в эксплуатацию новая конструкция патрубков с увеличенным зазором, в течение 2011-2014гг дефектов патрубков пламяпереброса отмечено не было.
- С целью улучшения теплового состояния жаровой трубы разработана конструкция патрубков пламяпереброса с плавающей муфтой – **опытные образцы патрубков (3 шт.) работают в составе ГТД-110 №4.**

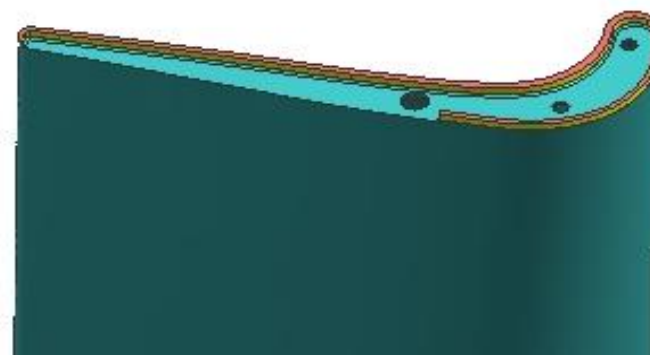
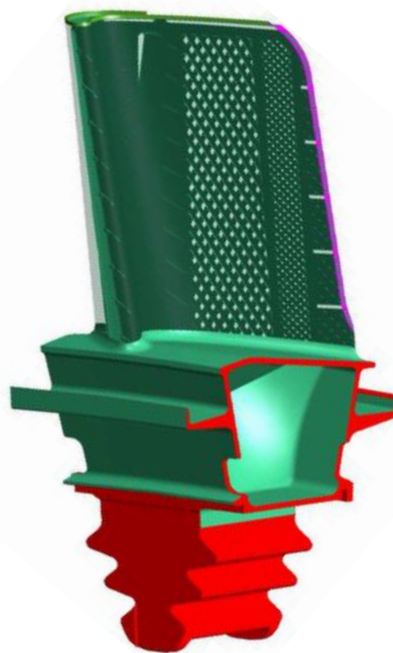
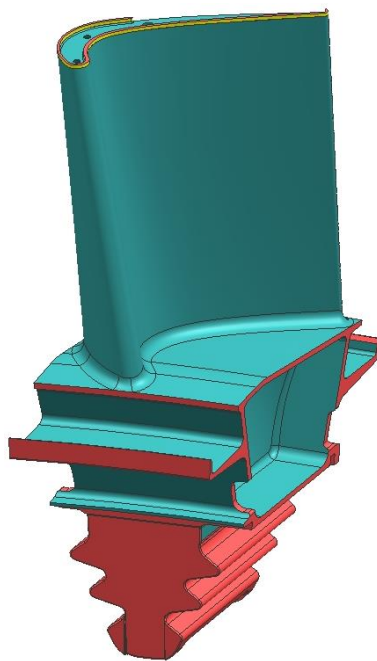


- Разработана новая конструкция завихрителя и колпачков блока форсунок – внедрение в эксплуатацию планируется при выполнении ремонта жаровых труб и блоков форсунок.

## Подрезка пера лопатки с выходной кромки по высоте и изменение реборды

Для изменения динамических характеристик рабочей лопатки выполнена подрезка пера по всей высоте. Мероприятие внедрено на рабочей лопатке 095048118 (двигатель №4, февраль 2013) и на лопатке R10400090 (двигатель №3, март 2015).

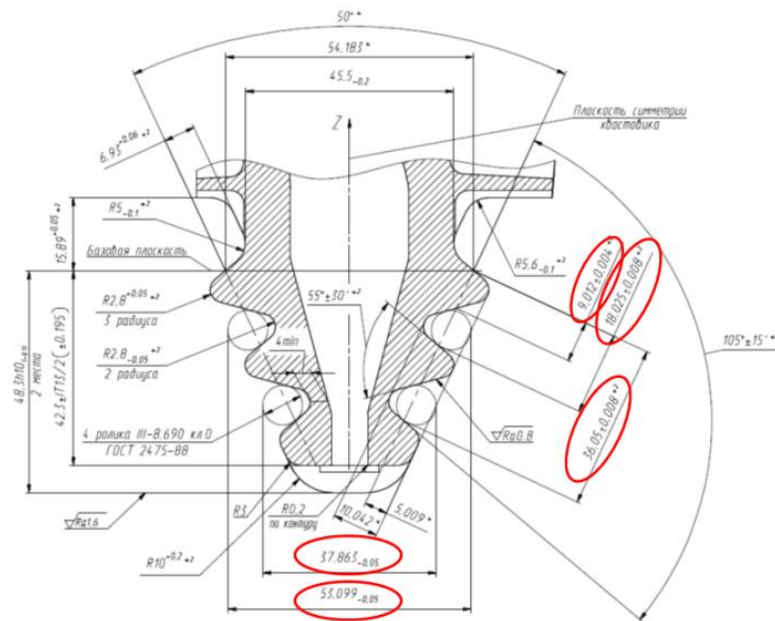
Для устранения термоусталостных трещин на периферийной части лопаток в зоне наплавки и пылеотводящих отверстий, изменена конструкция реборды лопатки R10400090 (наплавка не выполняется, реборда формируется в отливке). Мероприятие проходит проверку в составе ГТД-110 №3, остальные двигатели будут доработаны при ремонте.



Для ограничения амплитуды колебания рабочей лопатки и увеличения жесткости в зоне удлинительной ножки введены «плечики» по аналогии с конструкцией рабочей лопатки 2 ступени. Мероприятие внедрено на рабочей лопатке R10400090 (двигатель №3, март 2015), остальные двигатели будут доработаны при ремонте.

Для компенсации разницы коэффициентов теплового расширения материалов рабочей лопатки и диска введено изменение шага зубьев замка рабочей лопатки на 25 мкм, суммарное изменение 50 мкм. Мероприятие внедрено на рабочей лопатке R10400090 (двигатель №3, март 2015), остальные двигатели будут доработаны при ремонте.

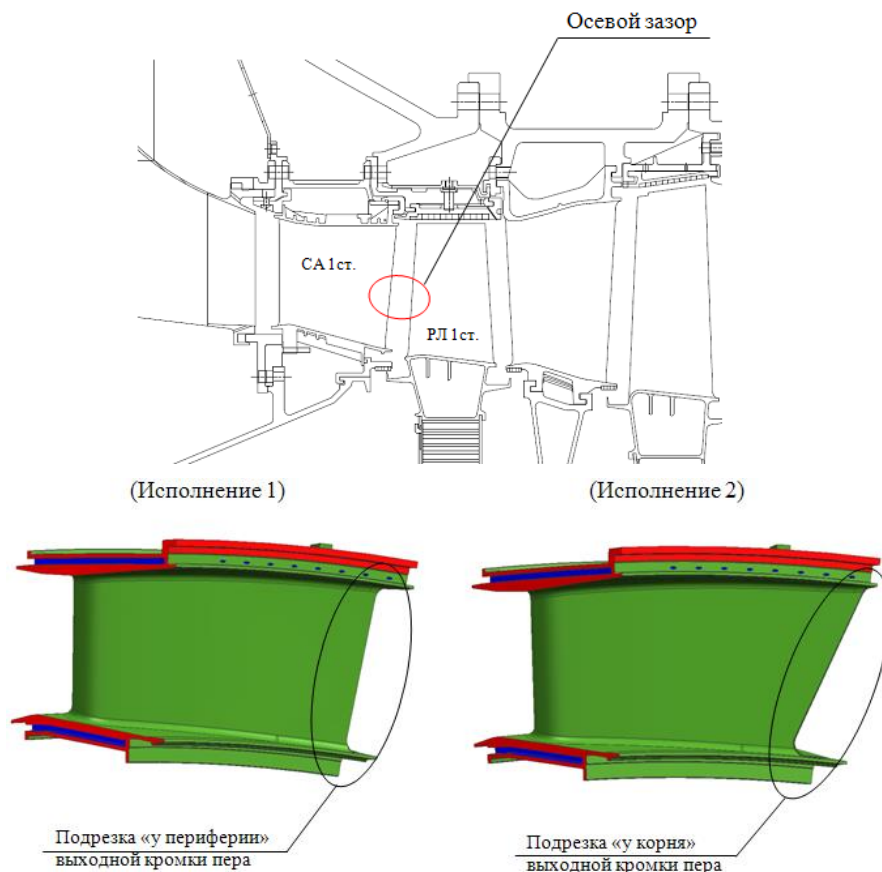
После изменения  
R10400090/R10400042



## Подрезка соплового аппарата 1 ступени по выходной кромке

Учитывая малое относительное осевое расстояние между сопловым аппаратом и рабочей лопаткой 1 ступени, выполнена подрезка сопловых лопаток по выходной кромке, для снижения уровня динамического воздействия на рабочую лопатку. Мероприятие внедрено на двигателях №3 и №4, наработка более 4 000 эквивалентных часов, остальные двигатели будут доработаны при ремонте.

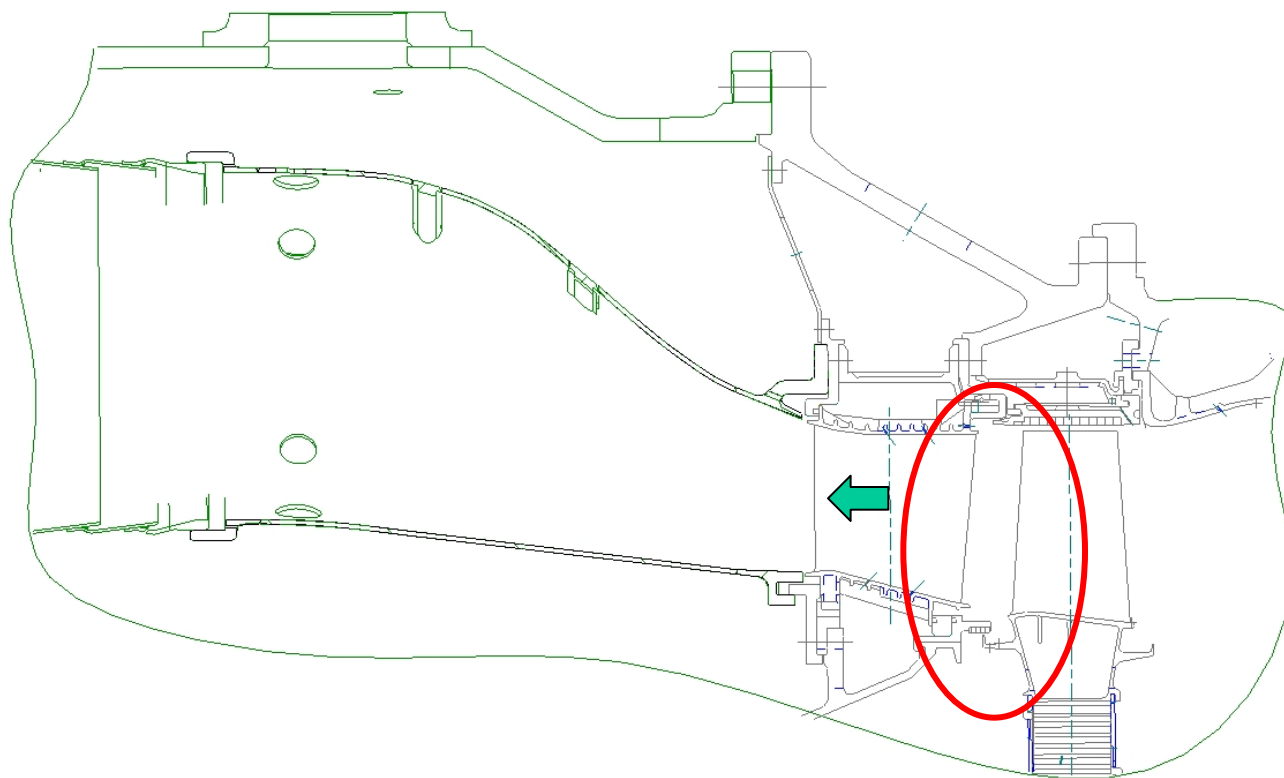
| Тип ГТУ    | Разработчик       | Мощность, МВт | Относит. осевой зазор $\Delta/V_p$<br>(к ширине СА) |
|------------|-------------------|---------------|-----------------------------------------------------|
| ГТД-110    | Зоря-Машпроект    | 110           | ~0,19                                               |
| V84.3A     | SIEMENS (Ansaldo) | 180           | ~0,38                                               |
| V94.2      | SIEMENS           | 160...170     | ~0,48                                               |
| V64.2      | SIEMENS (Ansaldo) | 65...75       | ~0,48                                               |
| MS9001E    | General Electric  | 123           | ~0,45                                               |
| MS5002E    | General Electric  | 32            | ~0,6                                                |
| MW-501     | Mitsubishi        | 177           | ~0,42                                               |
| 13E (13E2) | ABB (Alstom)      | 170...200     | ~0,36                                               |
| 8C         | ABB (Alstom)      | 59            | ~0,5                                                |
| RB211      | Rolls Roys        | 25            | ~0,41                                               |
| GE 90      | General Electric  | 27            | ~0,4                                                |
| ПС-90A2    | Авиадвигатель     | 27            | ~0,61                                               |
| Titan-250  | Solar Turbines    | 23            | ~0,7                                                |



## Смещение соплового аппарата 1 ступени в сторону камеры сгорания

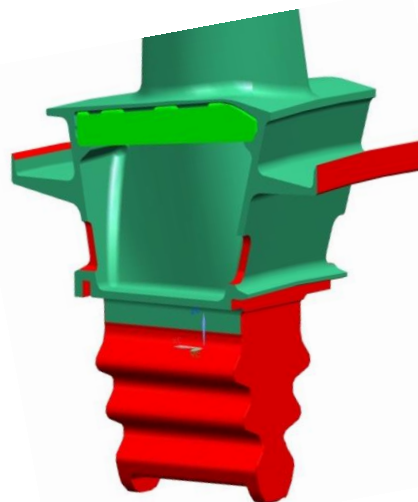
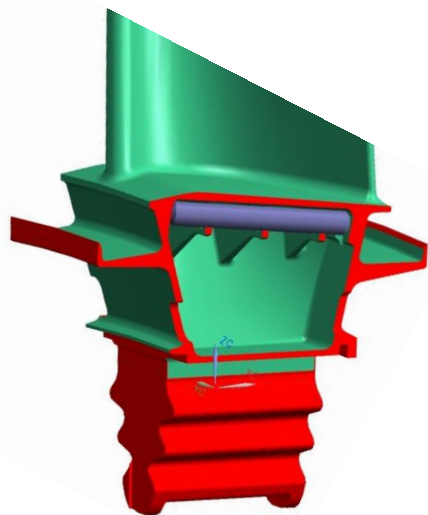
Планируется смещение соплового аппарата 1 ступени на 15мм в сторону камеры сгорания. Смещение позволит увеличить относительное осевое расстояние между сопловым аппаратом и рабочей лопаткой 1 ступени. Мероприятие направлено на снижение уровня возмущающего воздействия действующего на рабочую лопатку 1 ступени со стороны соплового аппарата.

Проверка мероприятия запланирована на двигателе №2 сборка 2 ( 3 квартал 2016г).

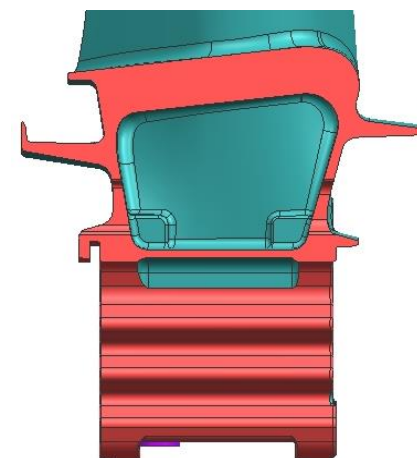
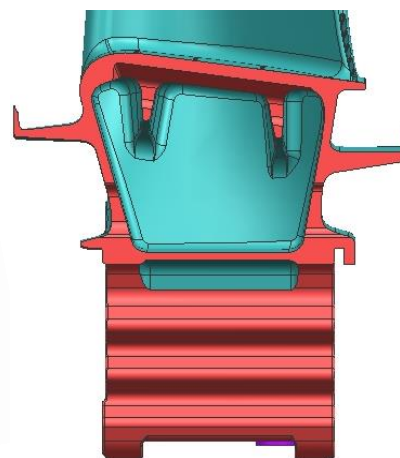


## Применение демпфера

Для снижения динамических напряжений в замковой части за счет диссипации энергии и изменения частотных характеристик рабочей лопатки, в конструкцию вводится подпочный демпфер сухого трения. Опытные лопатки с демпфером планируется испытать на двигателе №2 сборка 1Б (2 квартал 2016г). Лопатки новой конструкции запланированы к постановке на двигатель №2 сборка 4 (2 квартал 2017г).

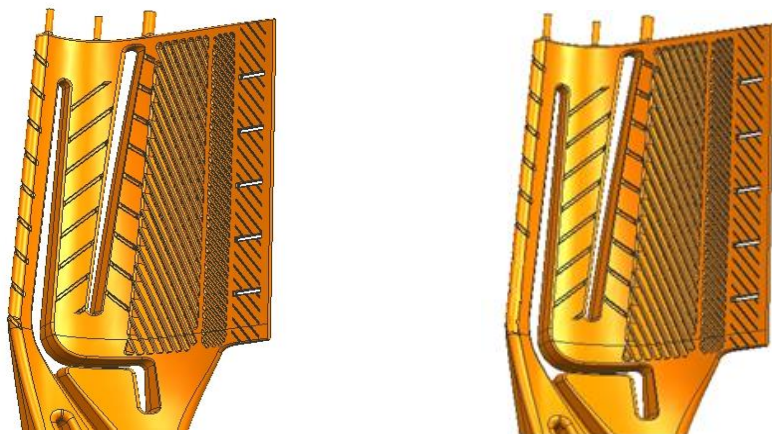


Опытная конструкция



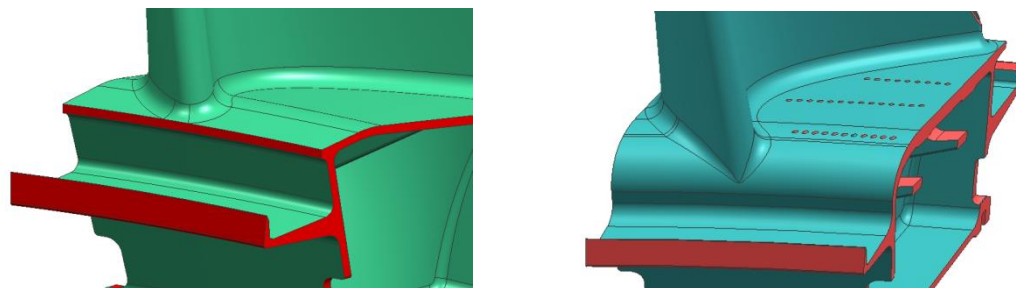
Новая конструкция

## Изменение оребрения внутренней части канала



Для снижения градиента температур и устранения термоусталостных трещин в зоне входной кромки предлагается убрать оребрение на высоте 15мм от трактообразующей полки. Изменение подтверждается тепловыми и гидравлическими расчетами, опытные работы возможны после изменения стержня. Выпуск РКД – июль 2015г, изготовление опытных образцов – 1 квартал 2017г.

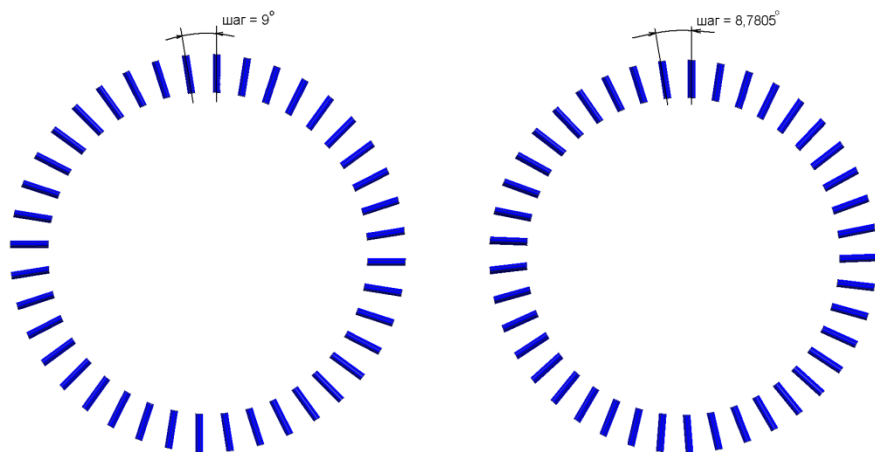
## Изменение трактообразующей полки



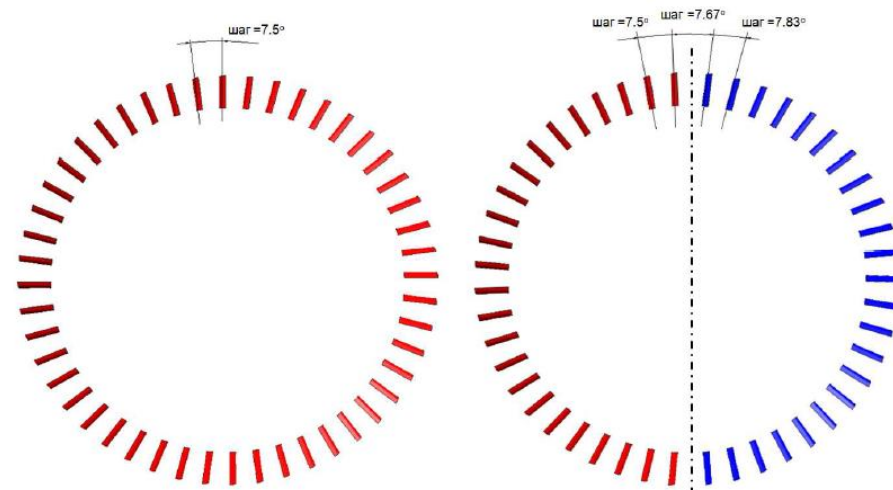
Для устранения термоусталостных трещины на трактообразующей полке в зоне входной кромки вводится радиусный переход полки в боковую стенку кармана по аналогии с конструкцией рабочей лопатки 2 ступени, увеличивается толщина полки, на полке выполняется перфорация. Выпуск РКД – июль 2015г, изготовление опытных образцов – 1 квартал 2017г.

## Изменение количества лопаток соплового аппарата 1 и 2 ступеней

Изменение количества СА 1 ступени

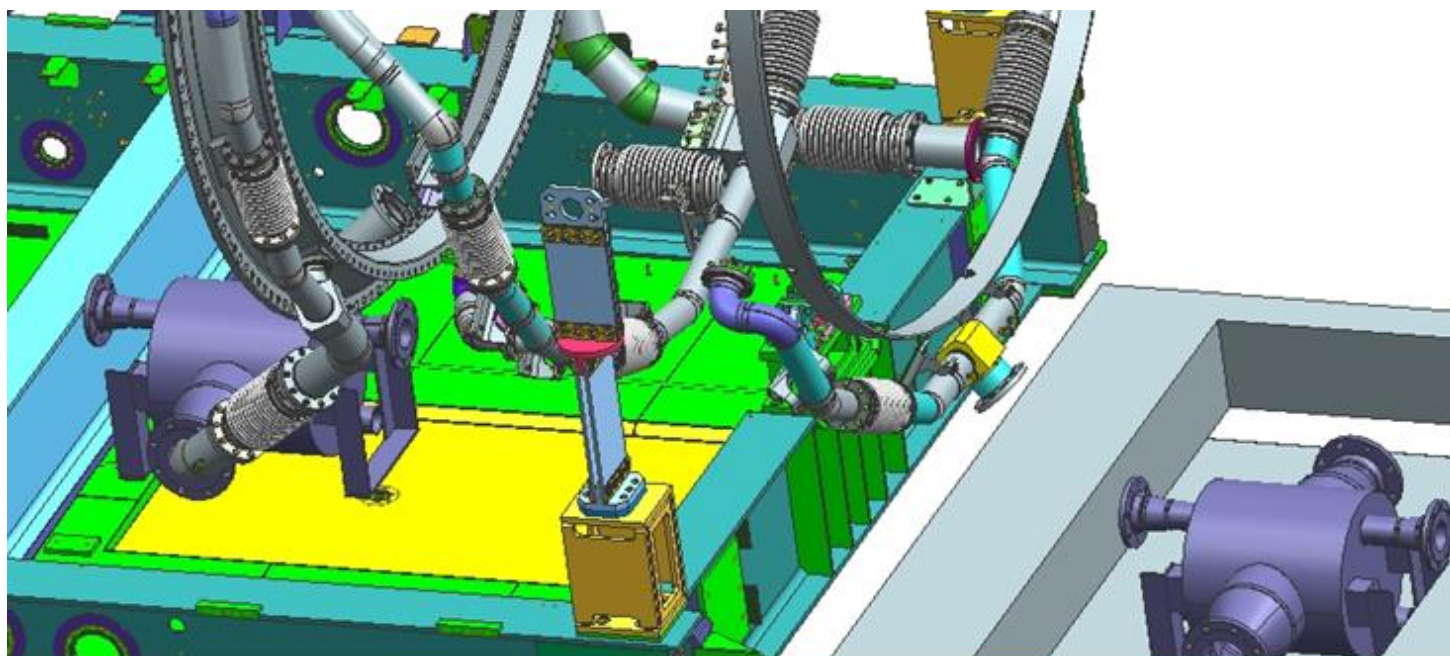


Изменение количества СА 2 ступени



Изменение количества лопаток сопловых аппаратов 1 и 2 ступеней позволяют изменить наиболее неблагоприятные гармоники 40 и 48, снизить уровни возбуждения рабочей лопатки 1 ступени. Доработку ГТД-110 №2 планируется выполнить после завершения первого этапа испытаний в 2016г.

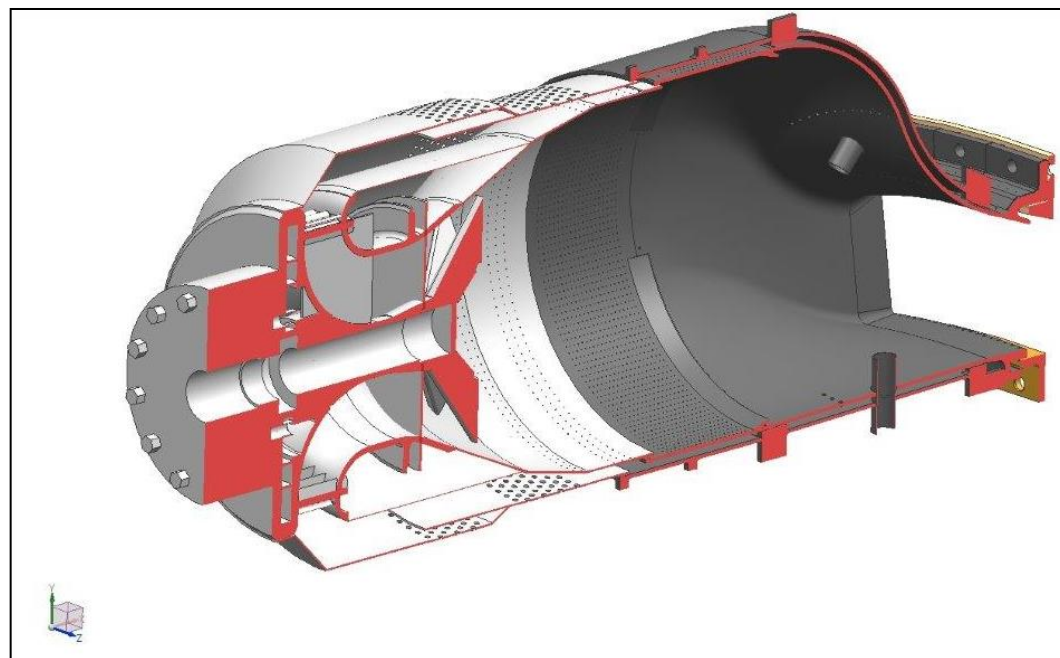
1. Разработана компоновка с применением сильфонных компенсаторов, идет выпуск РКД. Данное мероприятие будет опробовано на ГТД-110 №2 сборка 1Б в 2016г. в рамках работ по Инвестиционному соглашению.
2. Определен поставщик теплообменников для системы охлаждения турбины, выполняется выпуск РКД, оформляется договор поставки. Испытания выносного теплообменника в составе ГТД-110 №2 запланированы на 2016г.



В настоящий момент ведутся работы по созданию малоэмиссионной камеры сгорания совместно с ОАО «ВТИ» и ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова. В течение июля-августа 2015 г. запланирована серия испытаний на стенде полных параметров Ц17 ФГУП ЦИАМ в составе одnogорелочного отсека. По результатам испытаний будет проведен НТС с выбором наиболее подходящего варианта малоэмиссионной камеры сгорания для испытаний в составе ГТД-110 №2.



Конструкция ОАО «ВТИ»



Конструкция ФГУП ЦИАМ

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ООО «ИЦ «ГТТ»

График испытаний вариантов камеры сгорания ГТД-110М

В.В. Романов

|                                                    | Июнь 2015                                                                                                                     | Июль 2015                                                                                                              | Август 2015                                                                                                                       | Сентябрь 2015                                                                                                     |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОАО «НПО «Сатурн»</b><br>Стенд У12              | <b>Штатная ЖТ</b><br><br>отсек «НПО «Сатурн» |                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
| <b>ОАО «ВТИ»</b><br>Стенд камер сгорания           |                                                                                                                               |                                                                                                                        | <b>Штатная ЖТ</b><br><br>отсек «ВТИ»           |                                                                                                                   |
| <b>ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»</b><br>Стенд Ц-17 |                                                                                                                               | <b>МЭКС «ВТИ»</b><br><br>отсек «ВТИ» | <b>МЭКС «ЦИАМ»</b><br><br>отсек «НПО «Сатурн» | <b>НТС по выбору МЭКС</b><br> |

Генеральный конструктор  
ОАО «НПО «Сатурн»

Ю.Н. Шмотин

Первый заместитель  
генерального директора  
ОАО «ВТИ»

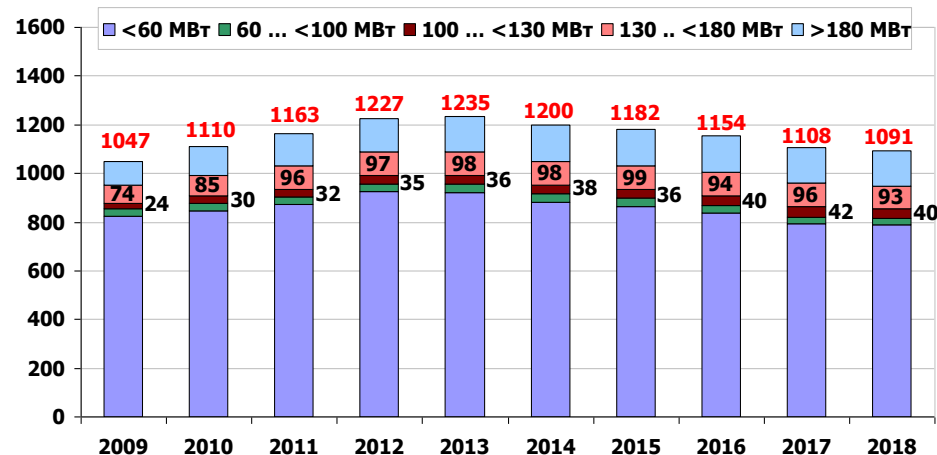
А.Г. Тумановский

Заместитель  
генерального директора  
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

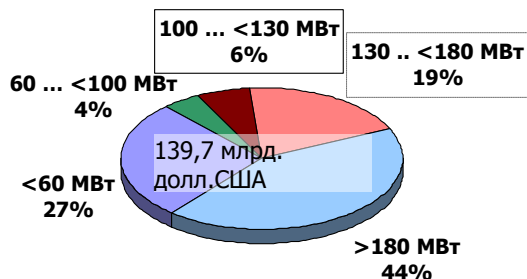
А.С. Новиков

### Мир

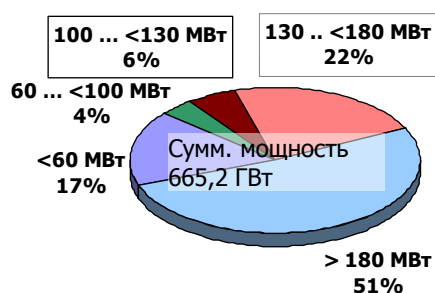
Прогноз мирового рынка энергетических ГТД до 2018г. (ед.)



#### По стоимости

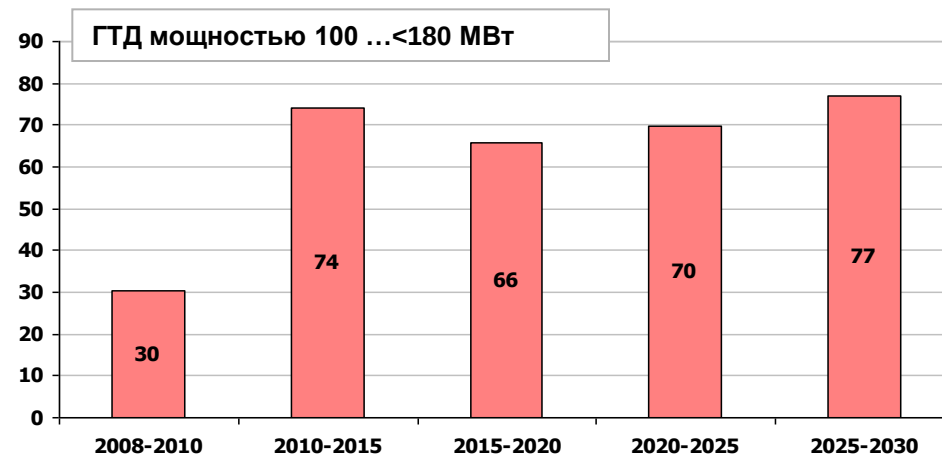


#### В ГВт мощности

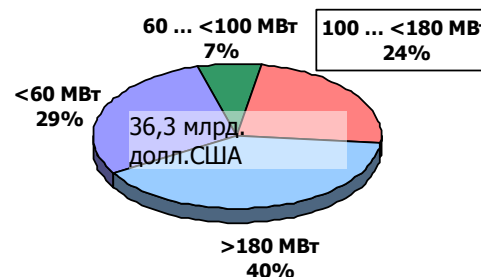


### Россия

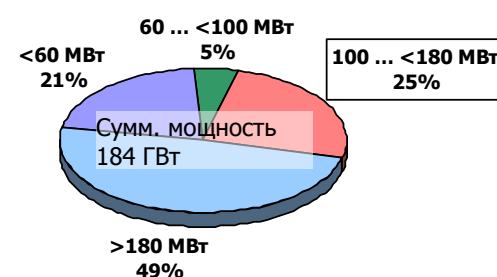
Прогноз рынка РФ энергетических ГТД до 2030г. (ед.)



#### По стоимости

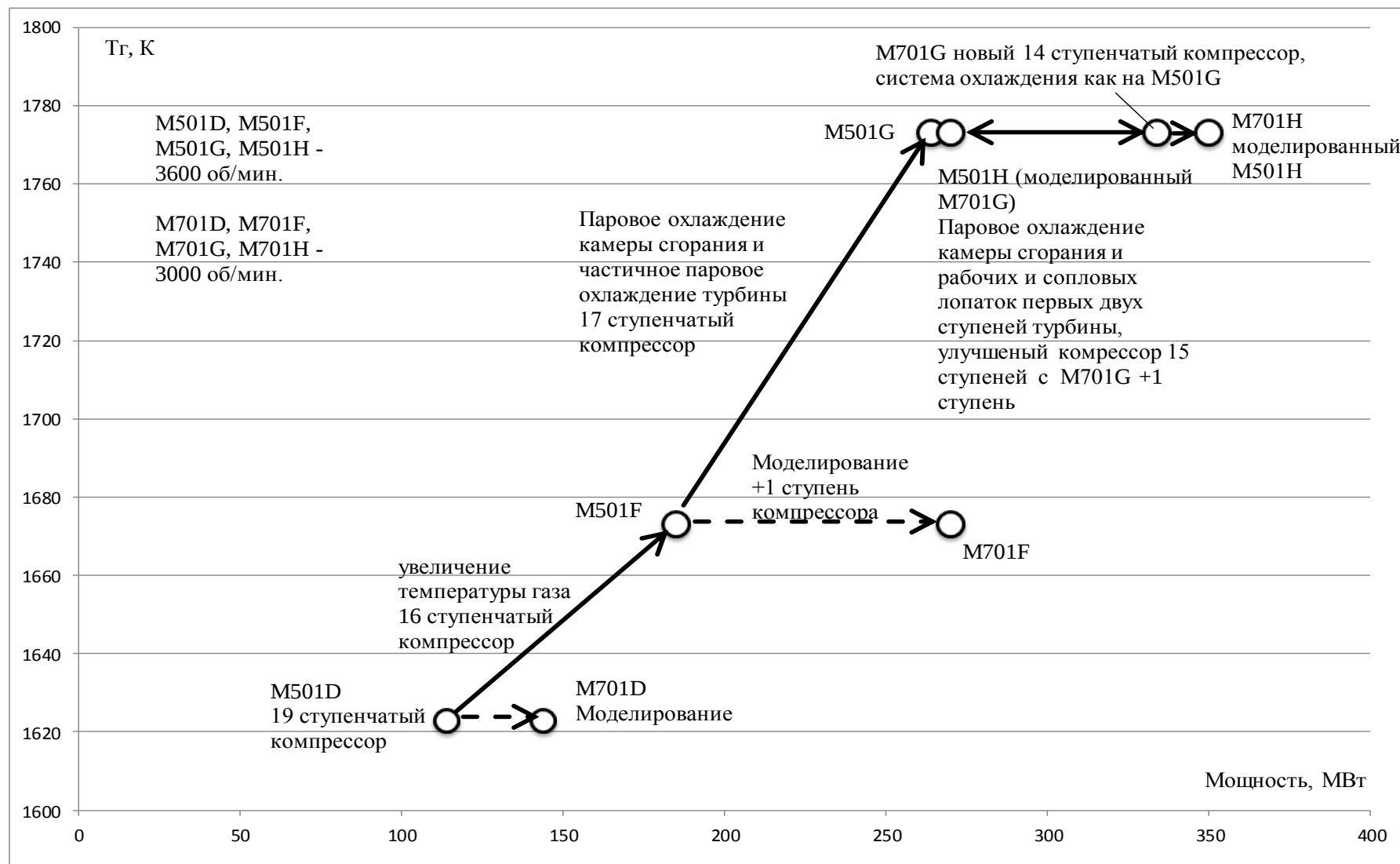


#### В ГВт мощности



Потребность рынка в энергетических ГТД большой мощности:

- 100-180 МВт : мировой рынок - 540 ед. до 2018г. / рынок РФ - 66 ед. до 2020г. (213 ед. до 2030г.)
- более 180 МВт : мировой рынок - 450 ед. до 2018г.



Мощность двигателя **125 МВт, 130 МВт и 135 МВт** достигается увеличением расхода воздуха на входе в компрессор за счет раскрытия угла ВНА до +5 (Гв+5 - +7%) в существующей геометрии с увеличением КПД компрессора до  $\eta_k=0,86$ ,  $\eta_t=0,92$ , степени повышения давления до  $\pi_k=15,8$ , а также с одновременным повышением температуры уходящих газов до  $T_g=530$  С, 540 С и 550 С.

Для сохранения исходного материала РЛ первой ступени (ЧС88У-ВИ) для варианта 125 МВт необходимо оптимизация пневмосхемы охлаждения рабочих лопаток. **(Новый теплообменник).**

Для вариантов 130 МВт и 135 МВт необходимо полная модернизация пневмосхемы охлаждения рабочих лопаток, а также применение новых жаропрочных сплавов на основе редкоземельных материалов (Рения, Тантала и Рутения) с характеристиками выше на  $\Delta 100$  С ( $T_{мат}$  не менее 1050 С).

параметры  
двигателя:  
**Ne=125 МВт**

$\eta=0,365$   
 $T_g \text{ кс}=1550 \text{ К, (+67)}$   
 $T_g=530 \text{ С}$

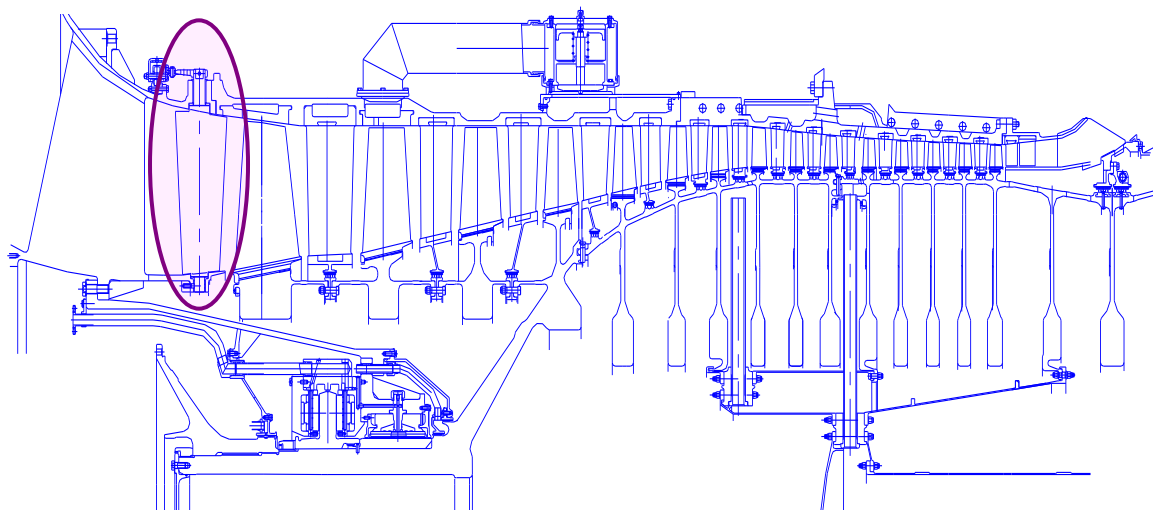
параметры  
двигателя:  
**Ne=130 МВт**

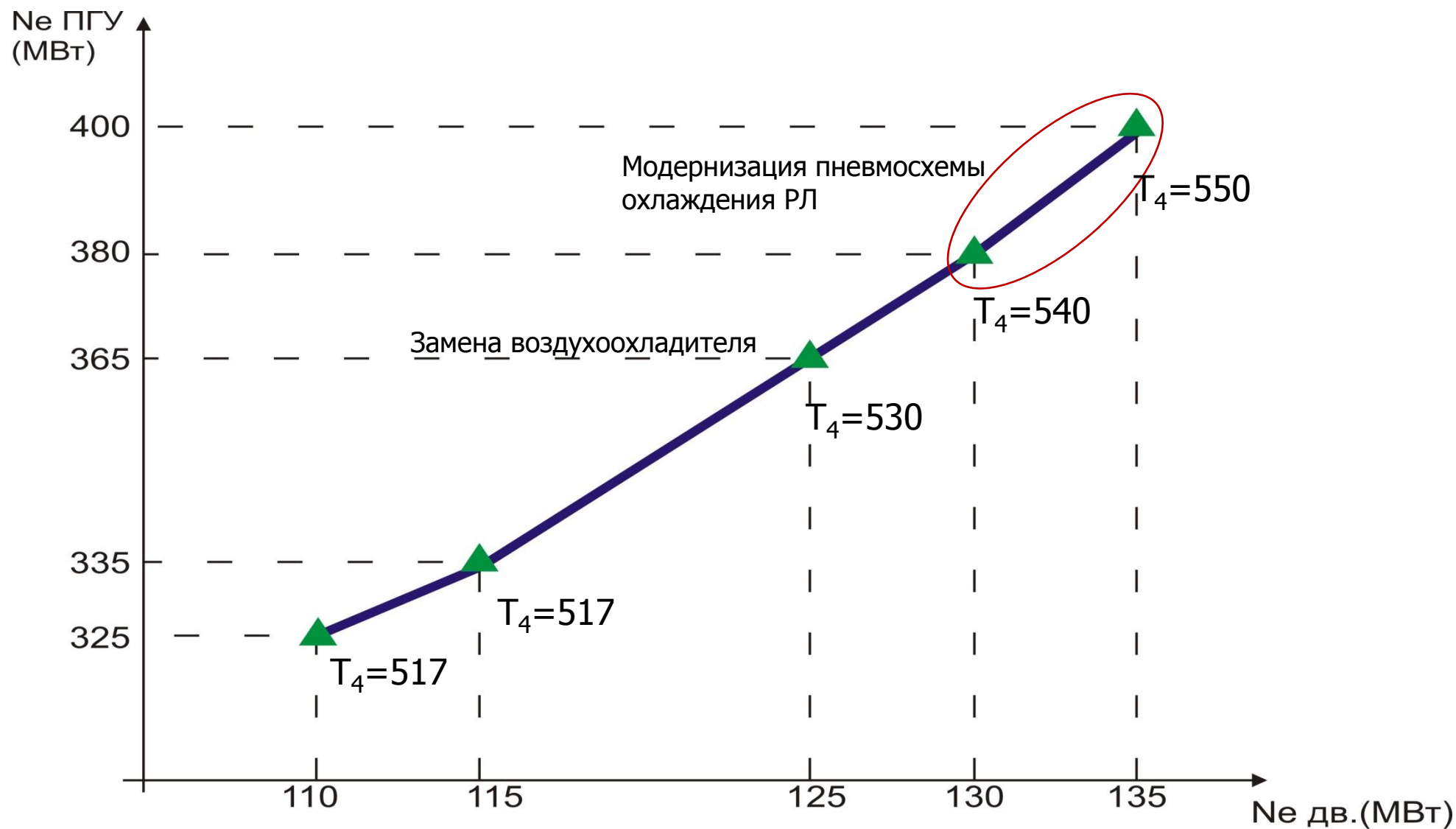
$\eta=0,368$   
 $T_g \text{ кс}=1570 \text{ К, (+87)}$   
 $T_g=540 \text{ С}$

параметры  
двигателя:  
**Ne=135 МВт**

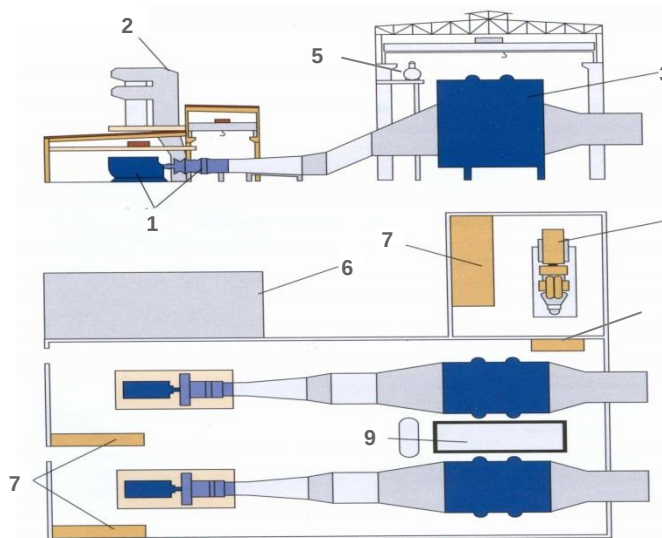
$\eta=0,37$   
 $T_g \text{ кс}=1590 \text{ К, (+107)}$   
 $T_g=550 \text{ С}$

*Раскрытие угла ВНА на +5*





- 1-ГТД с турбогенератором
- 2-воздухо-очистительное устройство
- 3- котел-утилизатор
- 4-паровая турбина с турбогенератором
- 5-блочный щит управления
- 6-САУ и электротехническое оборудование
- 7-пуско-сбросные устройства
- 8-деаэратор
- 9-зона размещения питающих насосов высокого и низкого давления



| 1 | Ne → 115МВт | Нпгу → 335МВт | $T_r - 517\text{ C}$ | КПД→52   | Исходный вариант                                                                     |
|---|-------------|---------------|----------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Ne → 125МВт | Нпгу → 365МВт | $T_r - 530\text{ C}$ | КПД→53   | Возможна замена генератора                                                           |
| 3 | Ne → 130МВт | Нпгу → 380МВт | $T_r - 540\text{ C}$ | КПД→53,5 | Замена генератора                                                                    |
| 4 | Ne → 135МВт | Нпгу → 400МВт | $T_r - 550\text{ C}$ | КПД→54,5 | Модернизация котла-утилизатора, замена генератора, применение паровой турбины Т-130. |



1. В России имеются все необходимые условия для начала развития газотурбинной энергетики большой мощности (децентрализация / либерализация энергетической отрасли, дешевый газ, развивающаяся сеть трубопроводов, необходимость скорейшей модернизации энергетической отрасли, др).
2. Сегмент рынка энергетических ГТД в классе мощности 100-130 МВт очень узкий (~6%). Создание машины в сегменте мощности 130-180 МВт позволит значительно расширить рынок ГТД-110/180 (до 25%).
3. ОАО «НПО Сатурн» отмечает необходимость проведения данной работы и рекомендует начать поиски потенциального заказчика данной работы.
4. ОАО «НПО Сатурн» рекомендует подготовить проект ТЗ по одному из предложенных вариантов модернизации двигателя ГТД-110М.