

# Типы камер сгорания и их сравнительная оценка

- Камеры сгорания ГТД подразделяются:

**по направлению потока воздуха и продуктов сгорания:**

- прямоточные и противоточные;

**по способу подачи топлива в зону горения:**

камеры с подачей топлива в паровой фазе

камеры с подачей топлива в жидкой фазе (в распыленном виде);

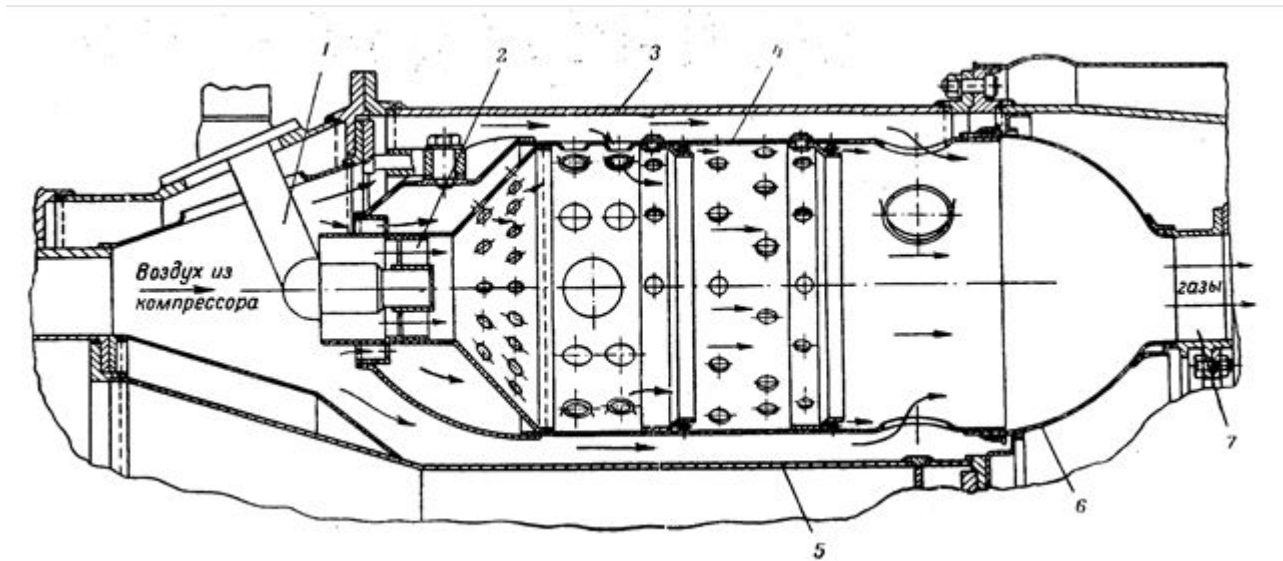
**по конструкции:**

на индивидуальные (отдельные, трубчатые),

кольцевые;

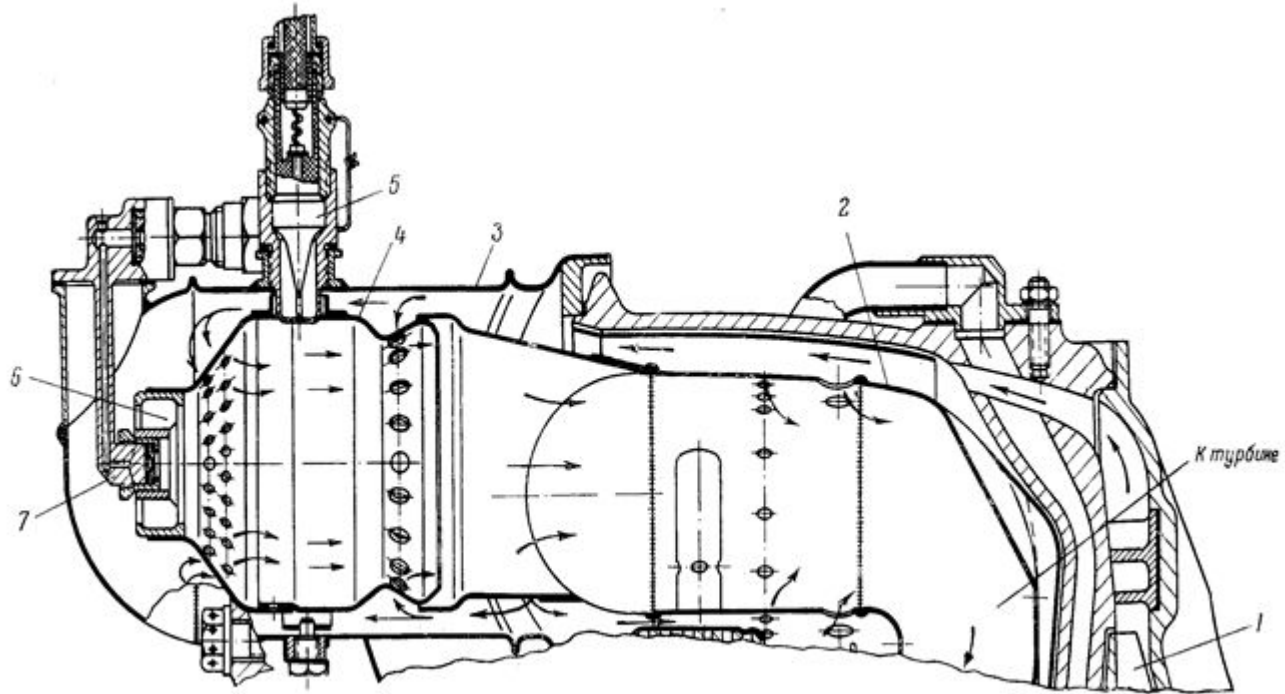
трубчато-кольцевые.

# Прямоточная трубчато-кольцевая камера сгорания



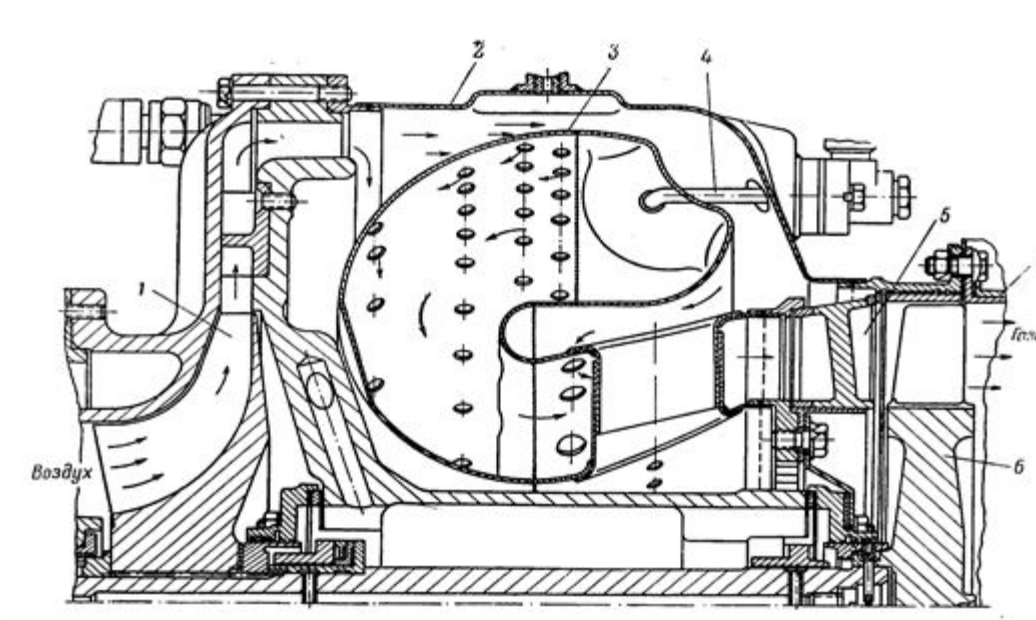
- 1 — форсунка; 2 — завихритель; 3 — наружный корпус камеры; 4 — жаровая труба;  
5 - внутренний корпус камеры; 6 — газосборник; 7 — сопловой аппарат турбины

# Противоточные камеры



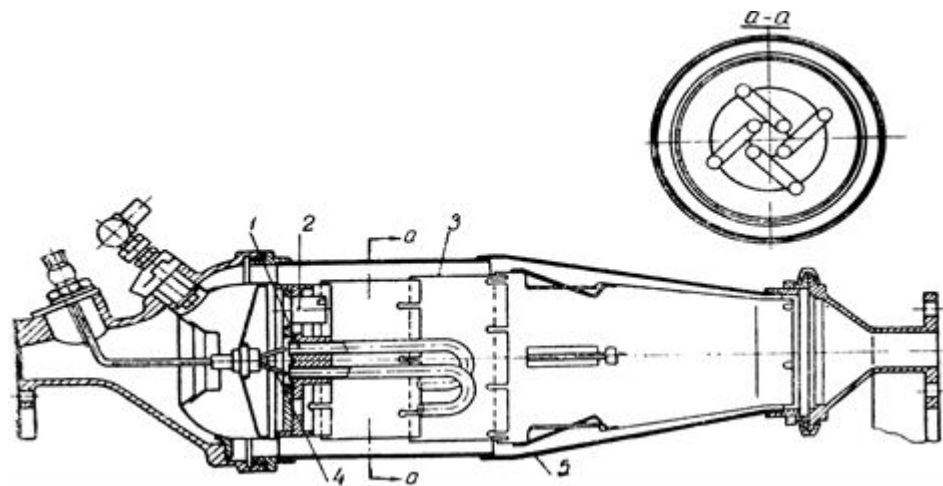
- 1 - рабочее колесо компрессора; 2 - газосборник; 3 - кожух камеры;  
4 - жаровая труба; 5 - свеча зажигания; 6 - завихритель; 7 - форсунка

# Противоточная кольцевая камера сгорания



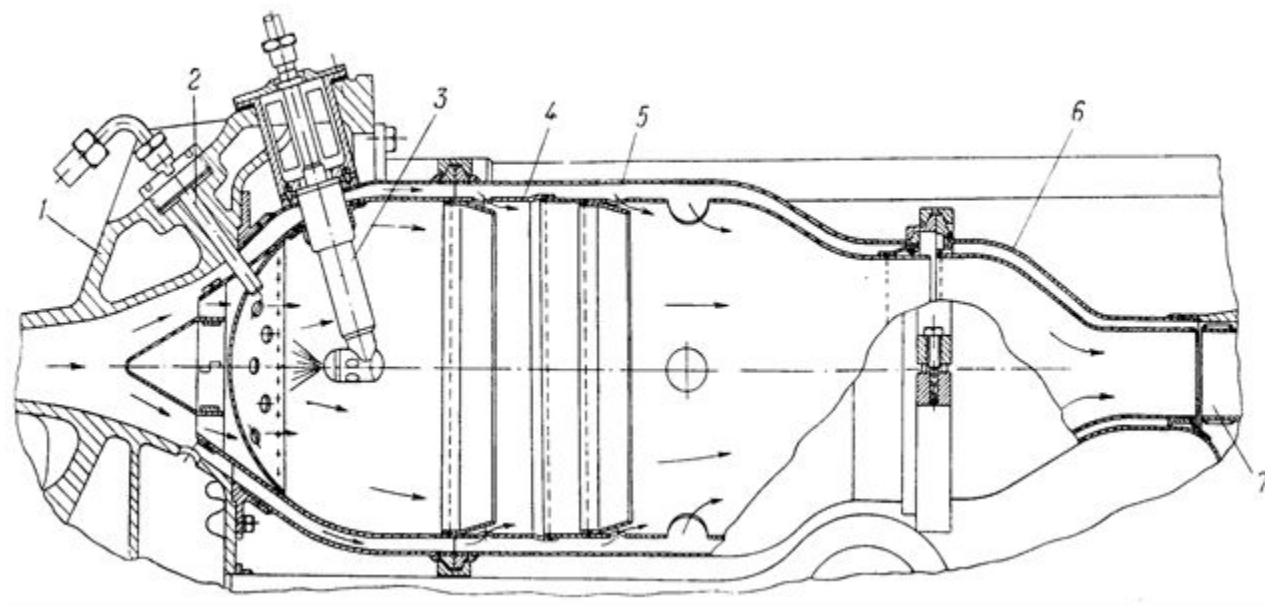
- 1 - рабочее колесо компрессора; 2 - корпус камеры; 3 - жаровая труба;  
4 - форсунка; 5 - сопловой аппарат турбины; 6 - рабочее колесо турбины;  
7 - выходное устройство

# Испарительные камеры с подачей топлива в паровой фазе



1 - трубка-испаритель; 2 - воздухоподводящий патрубок; 3 - жаровая труба;  
4 - форсунка; 5 - кожух камеры; 6 - диффузор камеры; 7 - газосборник

# Прямоточная камера сгорания с подачей топлива навстречу потоку воздуха

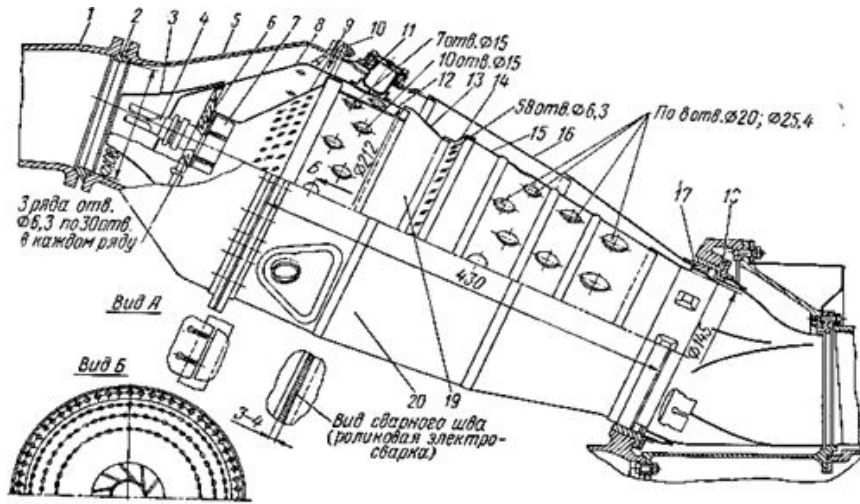


1 - корпус компрессора; 2 - свеча; 3 - форсунка; 4 - жаровая труба; 5 - кожух камеры; 6 - газосборник; 7 - сопловой аппарат турбины

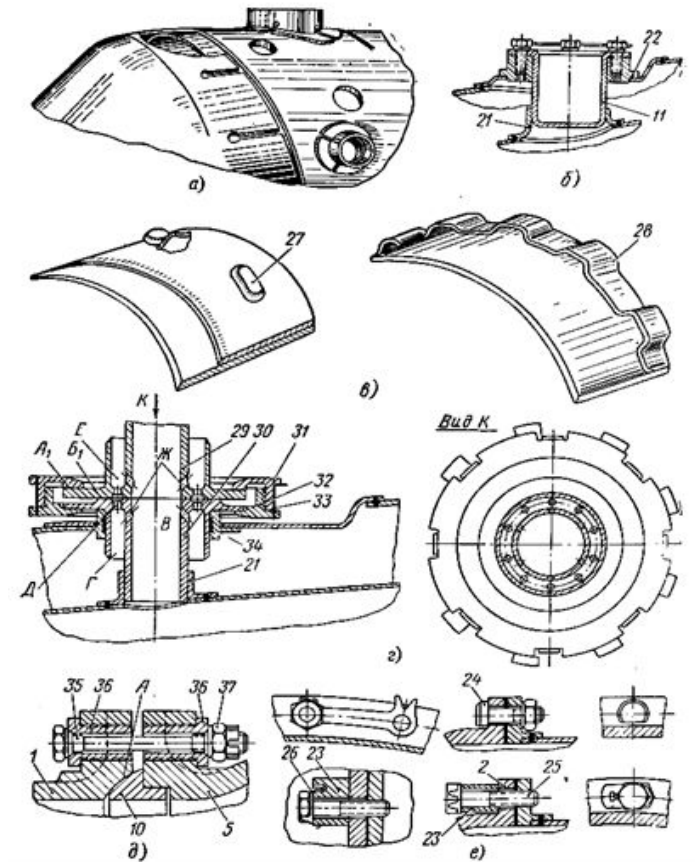
.

# Конструкции камер сгорания

# Камера сгорания трубчатого типа

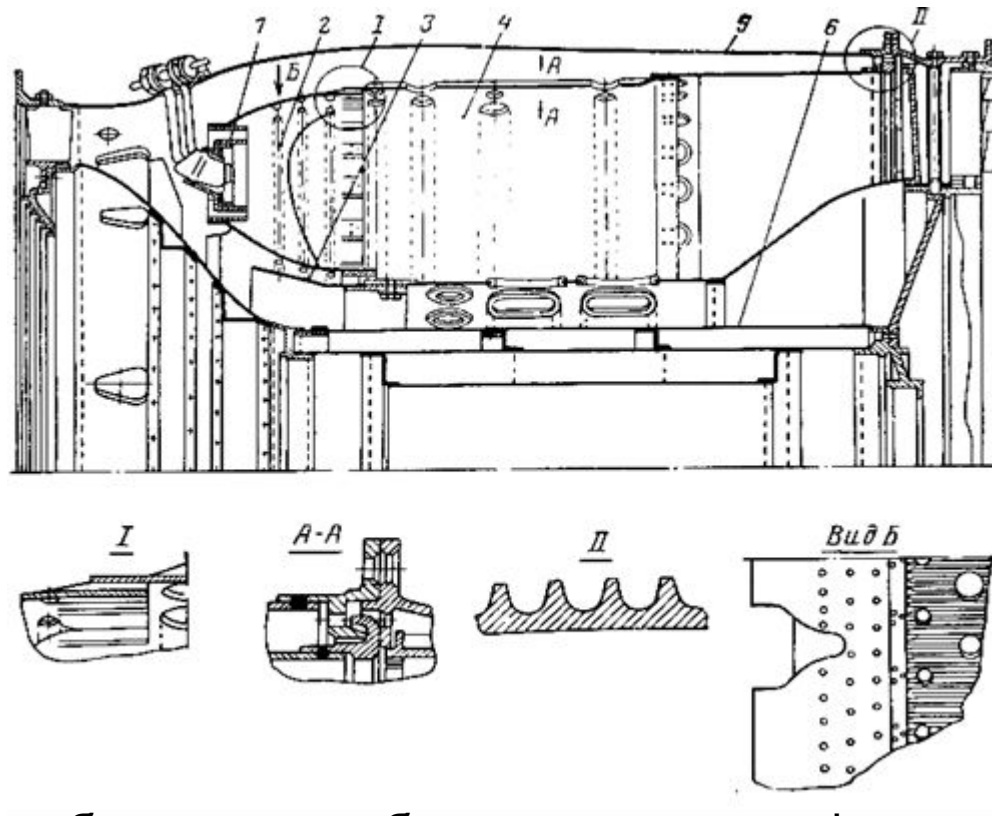


1 - патрубок компрессора; 2—сферическое стальное кольцо; 3—горловина жаровой трубы; 4—форсунка; 5 - наружный кожух камеры; 6 - малая коническая перегородка с отверстиями; 7 - лопаточный стабилизатор; 8 - передняя стенка жаровой трубы; 9 - большая коническая перегородка с отверстиями; 10 - сферическое стальное кольцо; 11 - центрирующий стакан; 12 - цилиндрическая часть жаровой трубы; 13 - коническая часть жаровой трубы; 14 - соединительное перфорированное кольцо; 15 - задняя коническая часть жаровой трубы; 16 - секция сварного кожуха; 17 - центрирующее кольцо; 18 - втулка; 19 - жаровая труба; 20 – наружный сварной кожух; 21 – втулка; 22 – фланец; 23 – втулка; 24 - болт; 25 - винт; 26 - отгибая шайба; 27 - наплавка стеллита; 28 – гофрированное кольцо; 29, 30 – патрубки; 31, 32 – муфты; 33 – отгибая шайба; 34 – втулка наружного кожуха; 35 – стяжной болт; 36 - втулка; 37 - гайка; а—соединение секций жаровой трубы; б - соединение жаровой трубы и наружного кожуха; в – уменьшение износа опорных поверхностей в выходном участке жаровых труб наплавкой сателлита 27 или гофрированным кольцом 28; г - соединение смежных камер; д - крепление камеры к патрубку компрессора; е - соединение частей наружного кожуха с помощью болтов и винтов; А1, Б1—поверхности перемещения патрубков; В, Г – каналы; Д, Е, Ж—отверстия



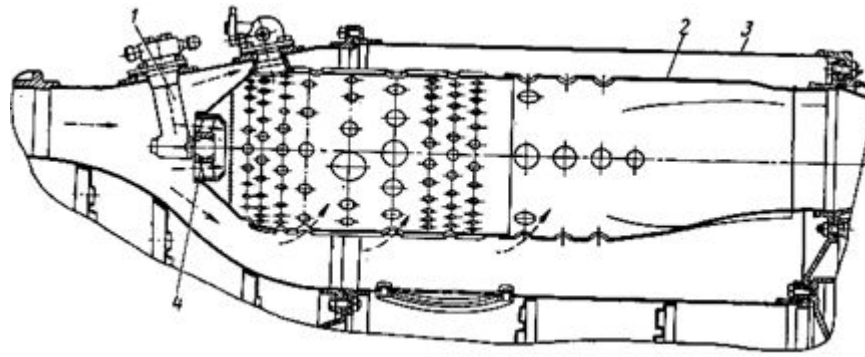


# Кольцевая камера сгорания ТРД



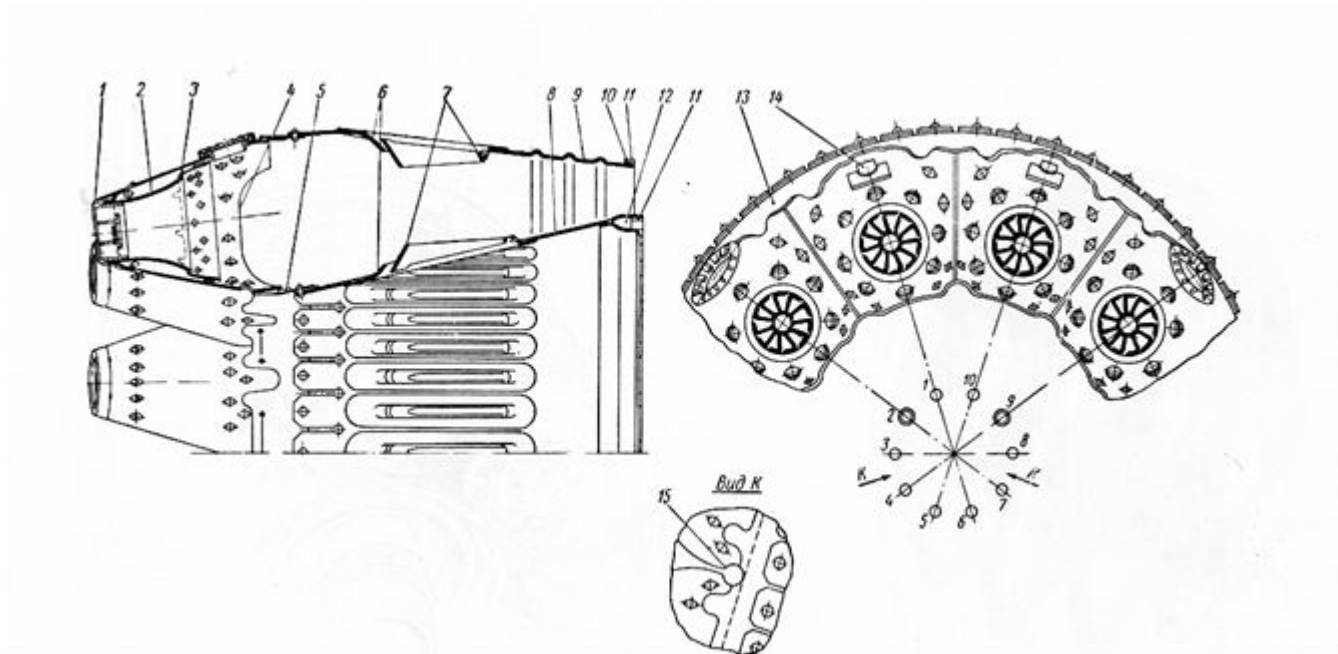
1 - лопаточный стабилизатор; 2 - блок головок; 3 - дефлектор для выравнивания потока воздуха (вследствие несимметричного расположения головок по отношению к каналу за компрессором); 4 - жаровая труба; 5 - внешний кожух; 6 - внутренний кожух

# Трубчато-кольцевая камера сгорания ТРД



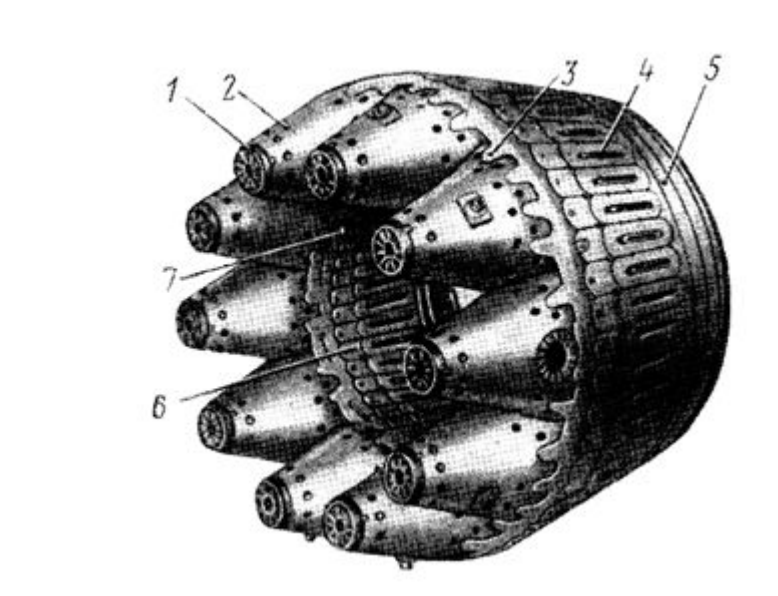
1 - форсунка; 2 - жаровая труба; 3 - кожух камеры сгорания;  
(завихритель) 4 - стабилизатор

# Жаровая часть камеры сгорания ТВД



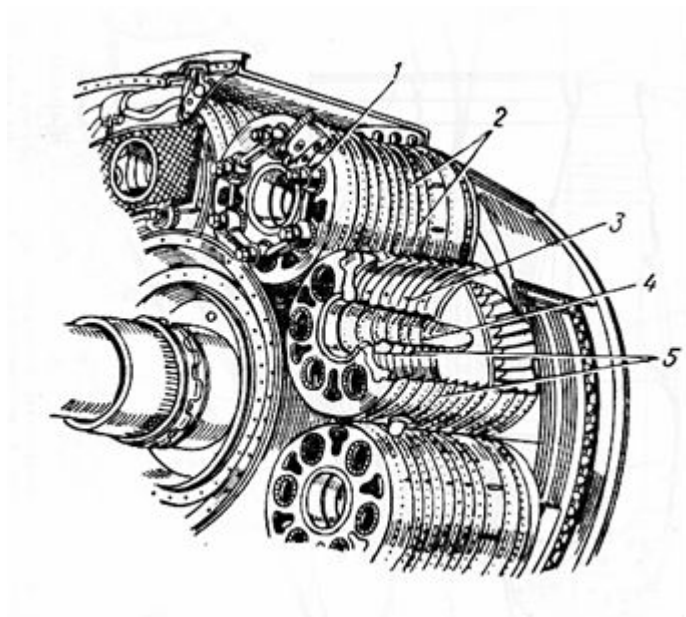
1 - наружное кольцо завихрителя; 2 - передняя часть диффузора; 3 - задняя часть диффузора; 4 - вырез головки; 5 - внутреннее кольцо головок; 6 - сопла; 7 - вставки; 8 - внутренний кожух; 9 - наружный кожух; 10 - кольцо; 11 - дистанционные пластины; 12 - кольцо жесткости; 13 - наружное кольцо головок; 14 - бобышка; 15 - отверстие под струйную форсунку

# Внешний вид жаровой камеры сгорания ТВД



1—лопаточный стабилизатор (завихритель); 2—головка камеры; 3—наружное кольцо; 4 -отверстие смесительного патрубка; 5—наружное кольцо; 6—внут-ренний кожух; 7—внутреннее кольцо

# Камера сгорания ТРД с двухроторным осевым компрессором

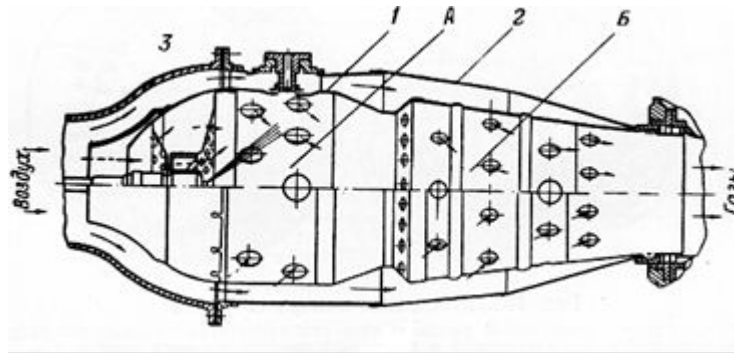


1-форсунка; 2—отдельные кольца, образующие наружную стенку жаровой трубы; 3— жаровая труба; 4—труба для подвода воздуха в центральную часть шаровой трубы; 5—щели для подвода воздуха

## Основные элементы камер сгорания

- Основными элементами камер сгорания являются топливоподающие устройства, средства розжига камер в процессе запуска, диффузоры, жаровые трубы и корпуса (кожухи), внутри которых располагаются жаровые устройства.

# Отдельная камера сгорания



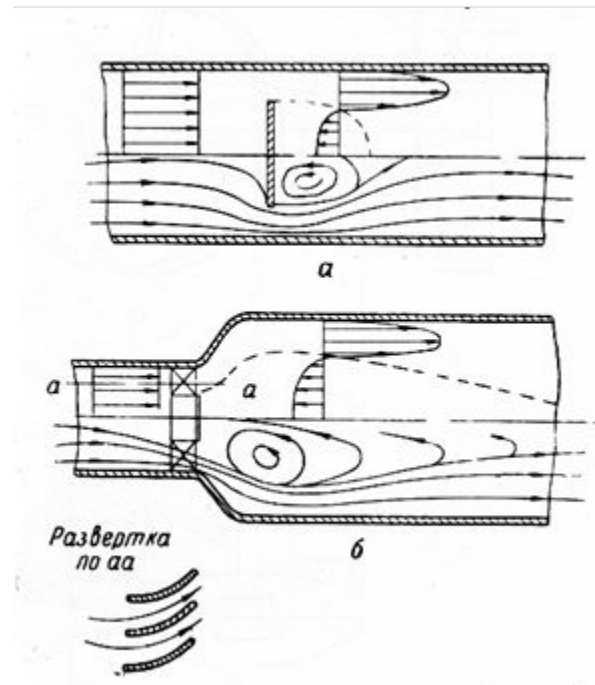
1 — жаровая труба; 2 — кожух камеры; 3 — диффузор камеры

# Камера сгорания

- **Диффузор** камеры сгорания представляет собой расширяющийся канал, в котором происходит уменьшение скорости воздуха от 120—160 м/с (на выходе из компрессора) до 60—70 м/с (на входе в жаровую трубу камеры). Снижение скорости потока в камере способствует улучшению устойчивости горения и уменьшению гидравлических потерь.
- **Жаровые трубы** предназначены для организации в них процессов горения и смешения продуктов сгорания со вторичным воздухом.
- При конструировании жаровых труб должны быть обеспечены:
  - стабилизация пламени на всех режимах полета;
  - наибольшая полнота сгорания топлива;
  - надежное перемешивание газов и воздуха и получение необходимого распределения температуры потока по длине и сечению трубы;
  - требуемое охлаждение деталей камеры и предотвращение чрезмерной неравномерности их нагрева, вызывающей недопустимые температурные напряжения.

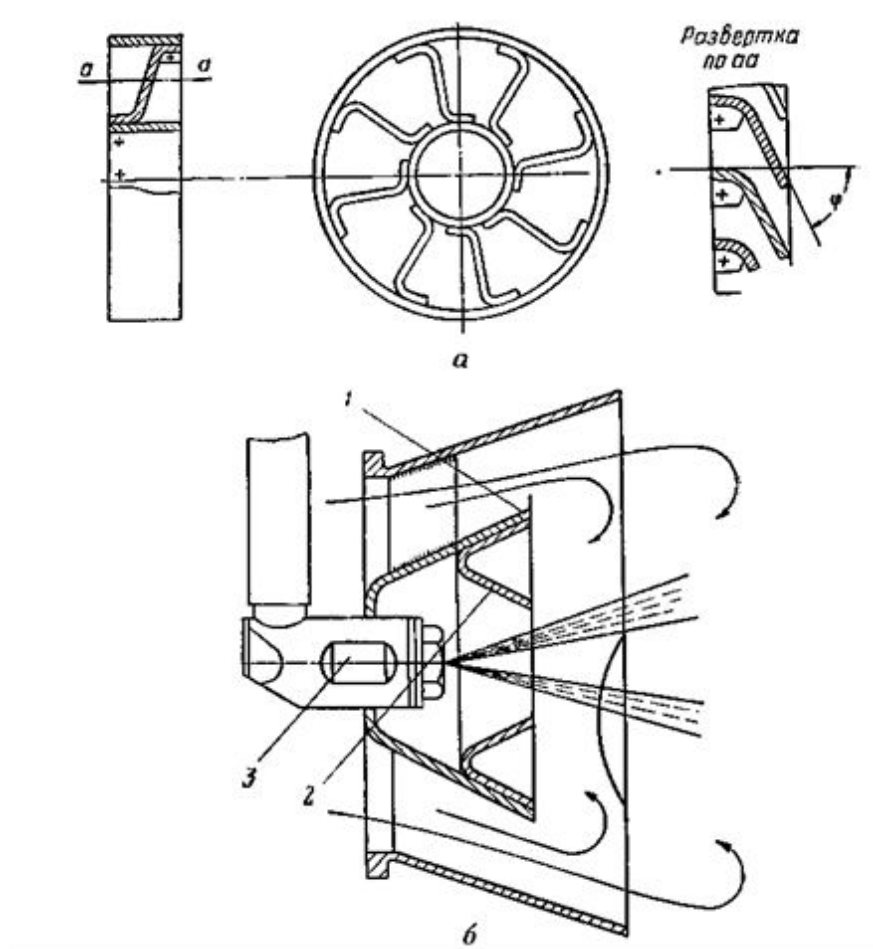


# Зоны обратных токов



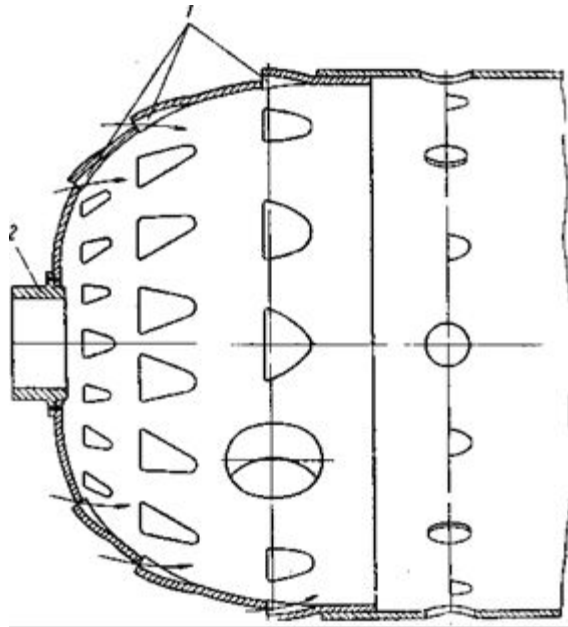
а – за пластиной; б – за завихрителем

# Стабилизаторы пламени



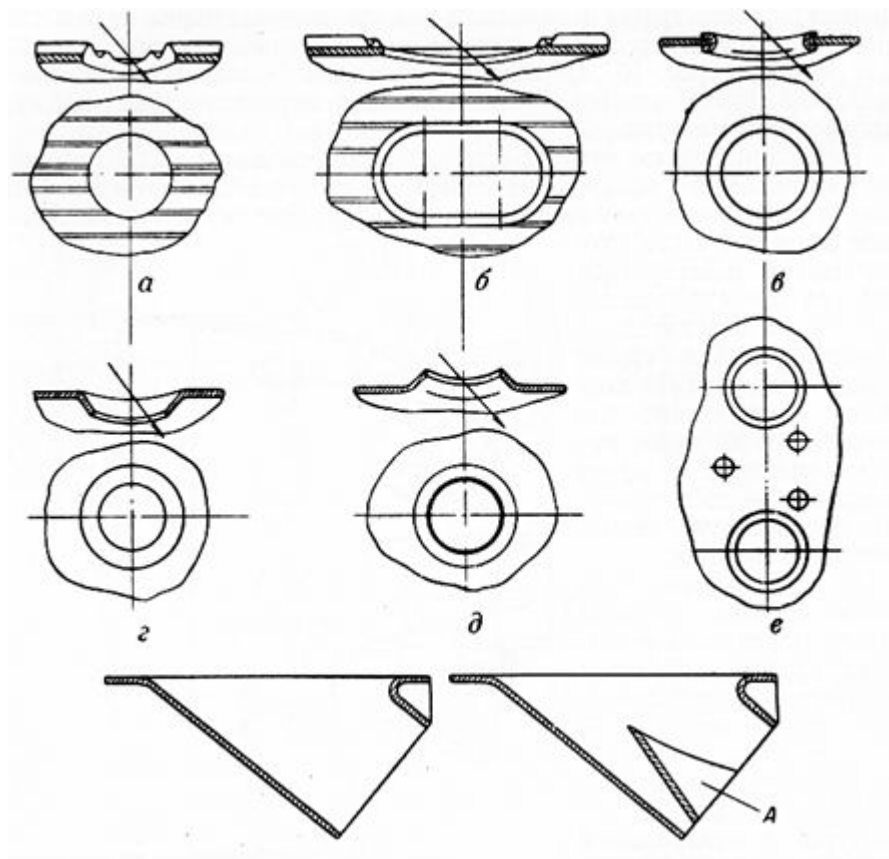
а — завихритель; б — система конусов; 1 — наружный конус; 2 — внутренний конус; 3 — форсунка

# Головка жаровой трубы



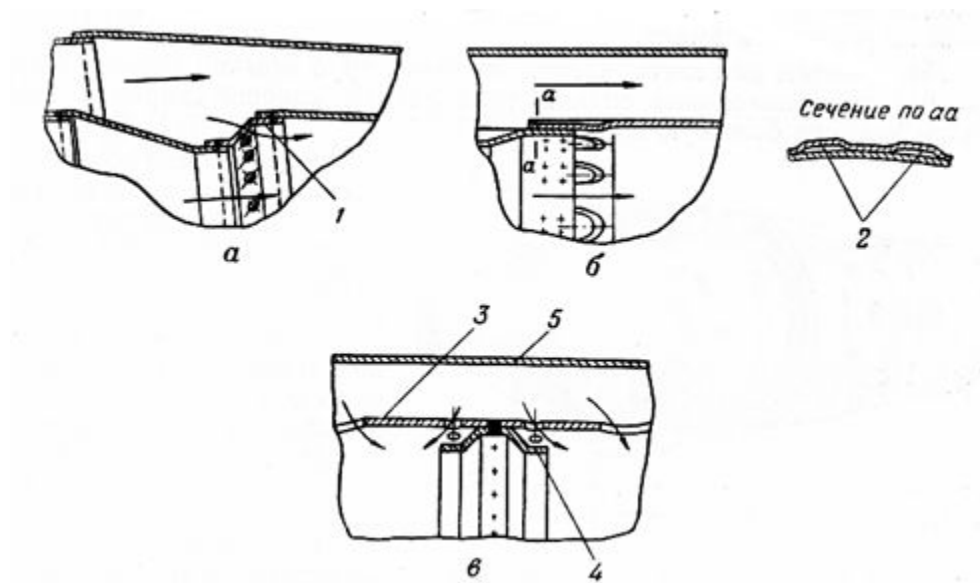
1 — щели для прохода воздуха; 2 — втулка для центрирования форсунки

# Форма окон и патрубков для подвода воздуха внутри жаровых труб



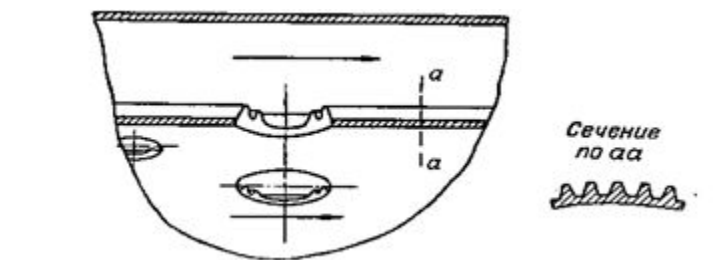
а, б, в, г, д, е — различные формы окон в стенке жаровой трубы; ж, з — смеси-тельные патрубки; А — вставка для уменьшения сечения канала патрубка

# Способы подвода охлаждающего воздуха для осуществления заградительного охлаждения

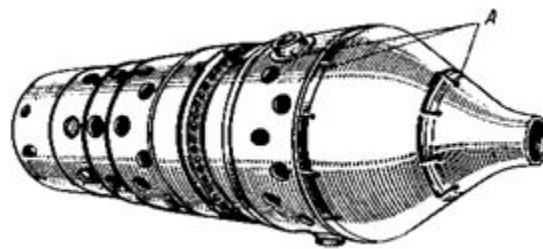


1 — кольцо с отверстиями; 2 — щели; 3 — труба;  
4 — профильное кольцо; 5 — кожух

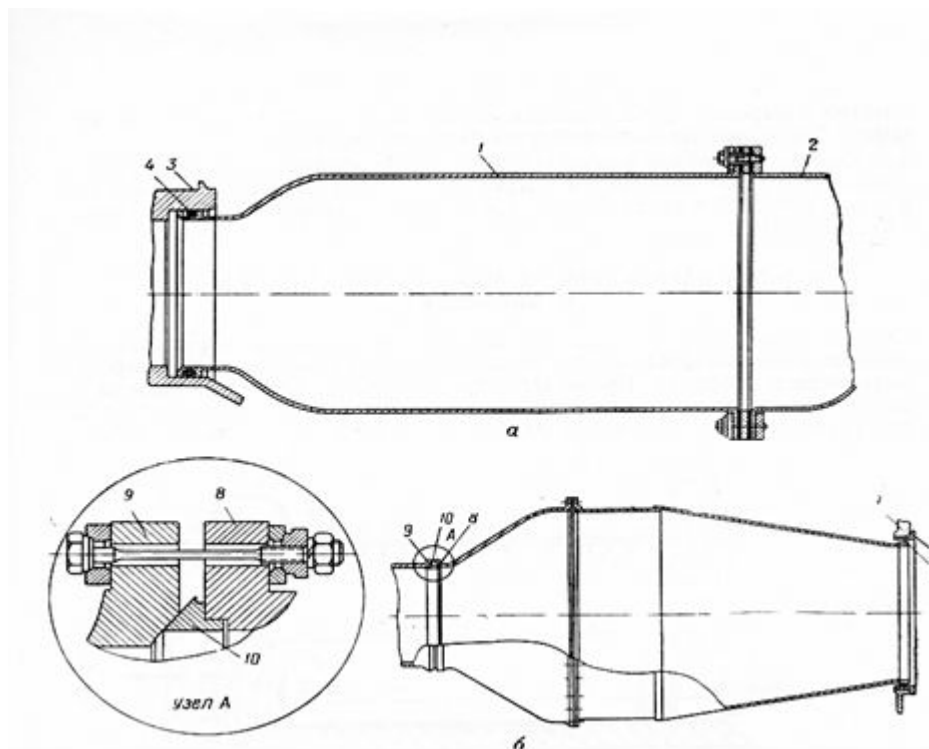
# Жаровая труба с продольными ребрами на наружной поверхности



# Внешний вид жаровой трубы с температурными компенсационными прорезями А



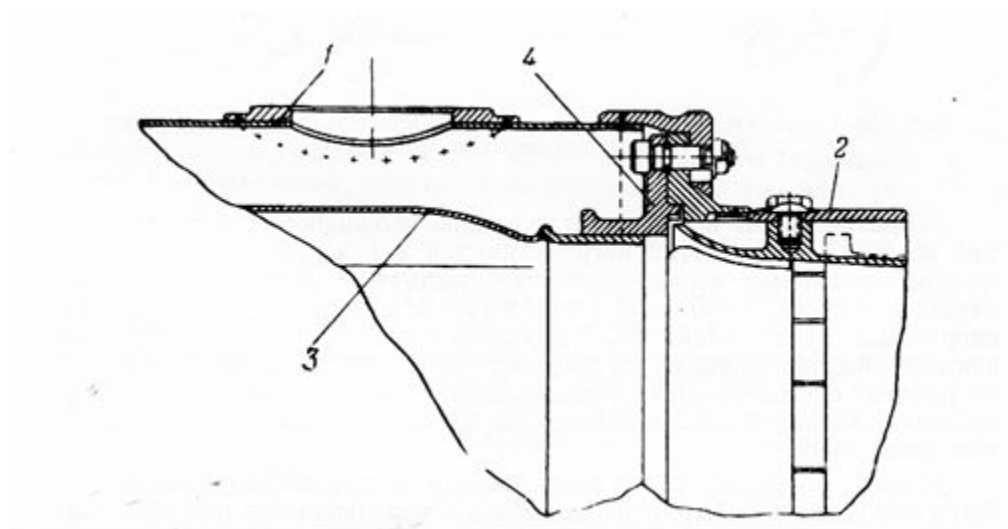
# Схемы крепления кожухов отдельных камер сгорания



а—с осевой фиксацией заднего конца; б - с осевой фиксацией переднего конца; 1 —кожух; 2 —газосборник; 3 — корпус; 4 — резиновое кольцо; 5 — втулка; 6 — кольцо; 7 — корпус газосборника; 8 — фланец камеры; 9 — фланец патрубка; 10— сферическое кольцо

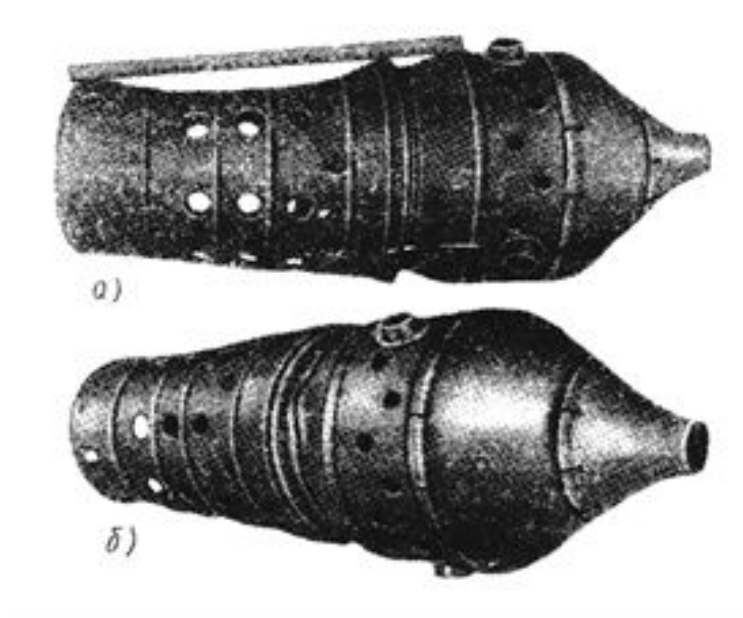


# Узел соединения корпуса камеры сгорания с корпусом турбины



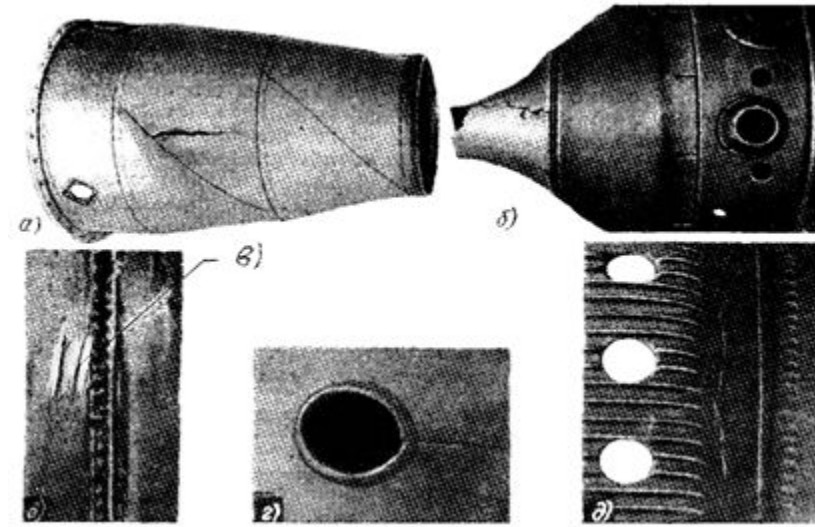
1— корпус камеры; 2 — корпус турбины; 3 — жаровая труба; 4 — силовое кольцо

# Дефекты камер сгорания



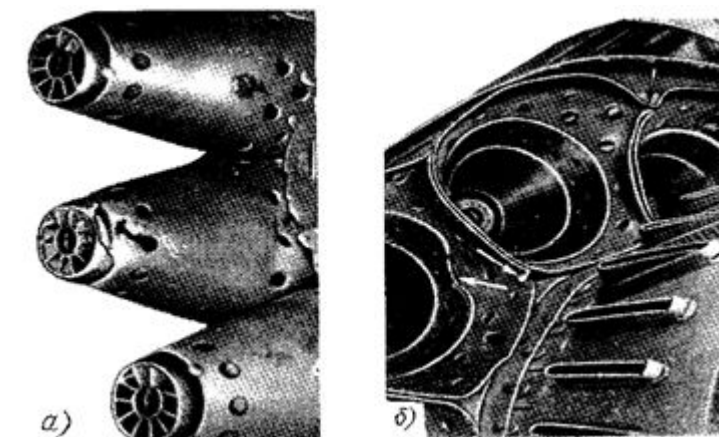
Коробление стенок жаровой трубы в  
продольном (а) и поперечном (б) направлениях

# Разрушения камер сгорания и жаровых труб



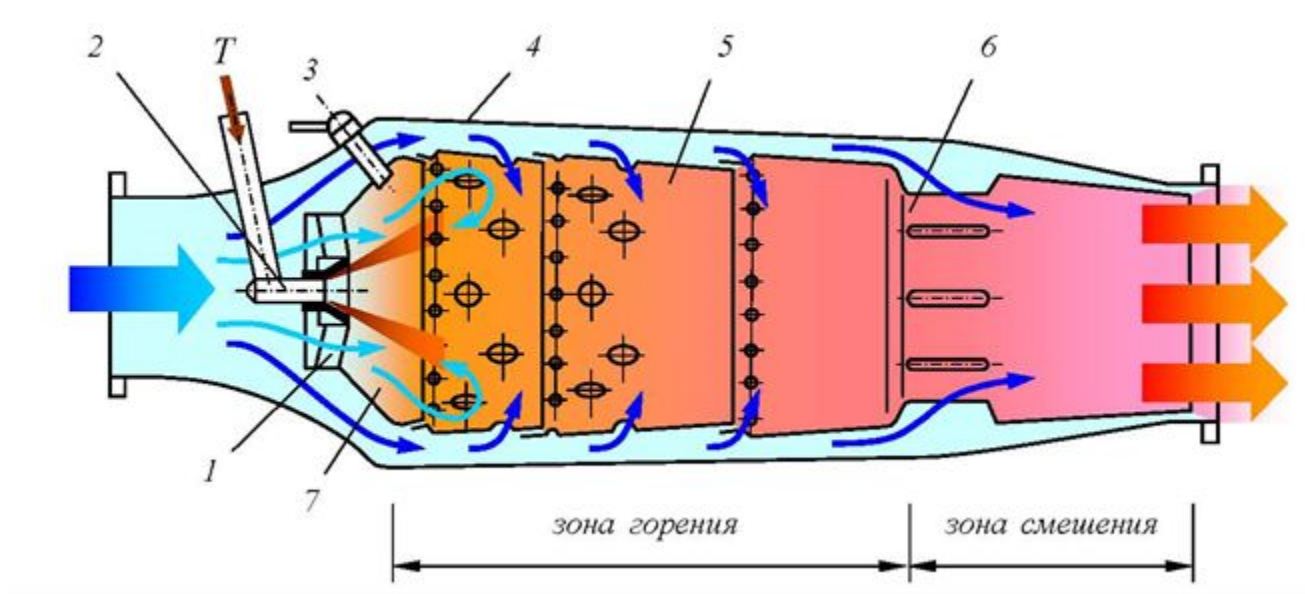
а—усталостные трещины на наружном кожухе камеры сгорания; б—трещины в передней части жаровой трубы  
в—трещина в жаровой трубе  
г—отверстие в жаровой трубе  
д—трещина в жаровой трубе

# Прогар головки жаровой части кольцевой камеры ТВД

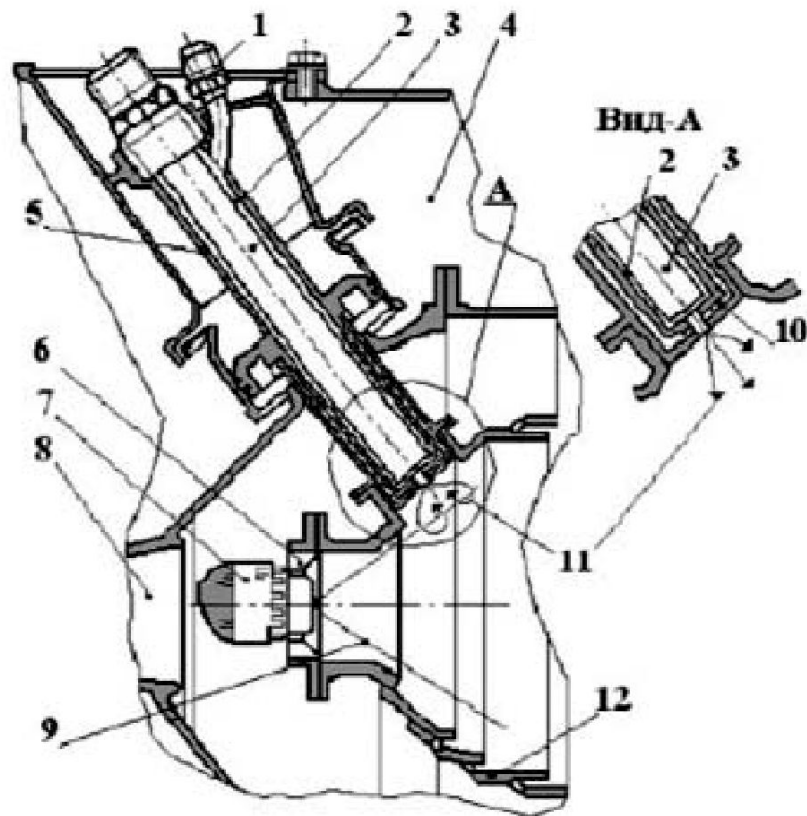


а—вследствие негерметичной форсунки или горячего состояния форсунки;  
б—из-за плохого охлаждения

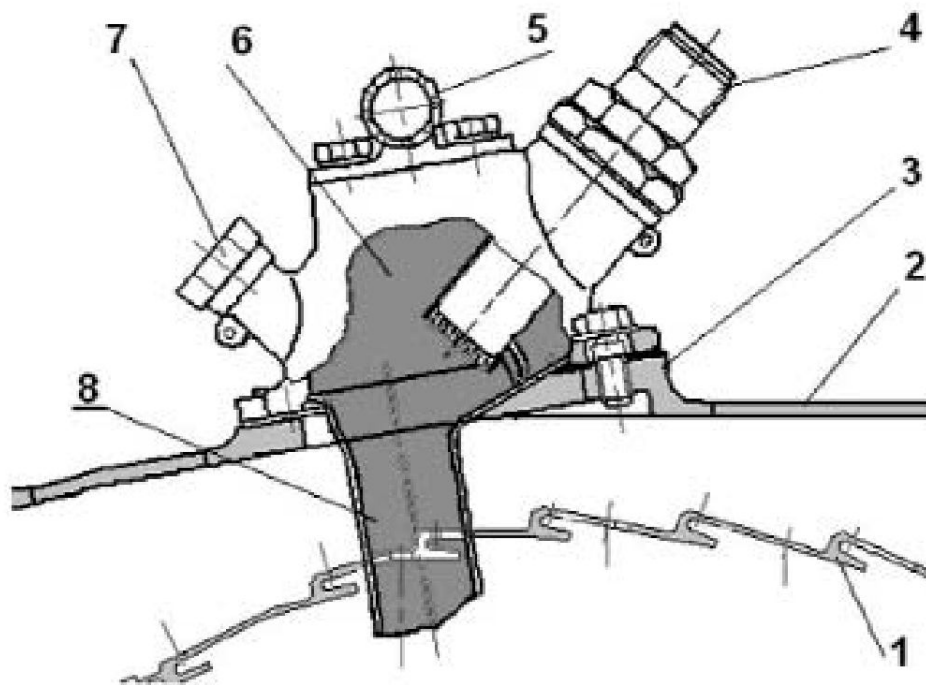
# Камера сгорания ГТД



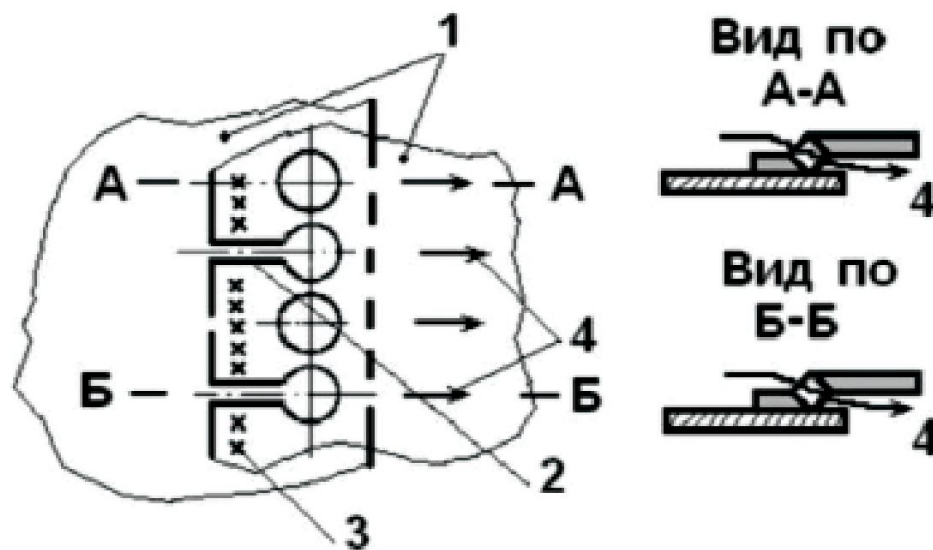
# Схема непосредственного розжига камеры сгорания от свечи



# Установка воспламенителя на камеру сгорания



# Соединение секций камеры сгорания (упругое)





# О материалах

- Для обеспечения достаточного ресурса жаровых труб в двигателе они никогда не находятся под силовой нагрузкой, то есть не
- включены в силовую схему двигателя. При этом материалы, из кото
- рых они изготавливаются, имеют высокие характеристики жаросб
- тойкости и жаропрочности. Кроме того, такие материалы удобны в
- обработке, стойки к газовой коррозии и вибрациям.
- Обычно это специализированные хромоникелевые сплавы.
- Для российской металлургии это типы Х20Н80Т, ХН60В, ХН70Ю,
- ХН38ВТ, Х24Н25Т. Если камеры сгорания работают при температу
- рах до 900 °С, то могут применяться сплавы типа Х20Н80Т, ХН38ВТ,
- ХН75МВТЮ. А для температур 950...1100 °С 6 сплав ХН60В.

# Защитная стеклоэмаль на кольцевой КС

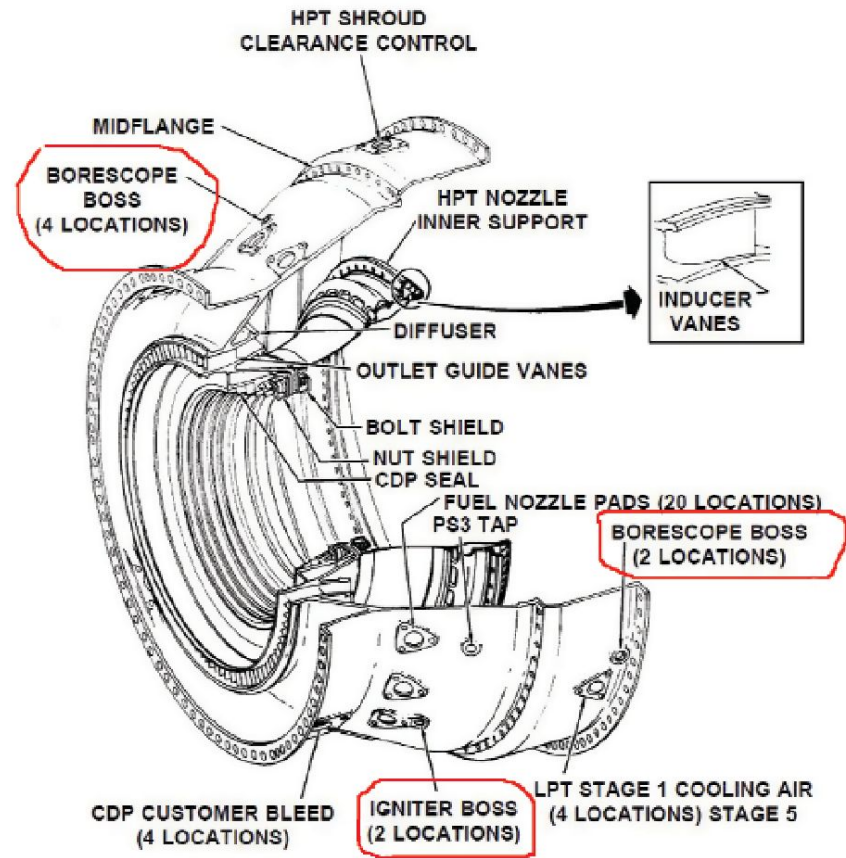


# О контроле состояния элементов



Эндоскопы XLG0 (а) и XLG3 (б)

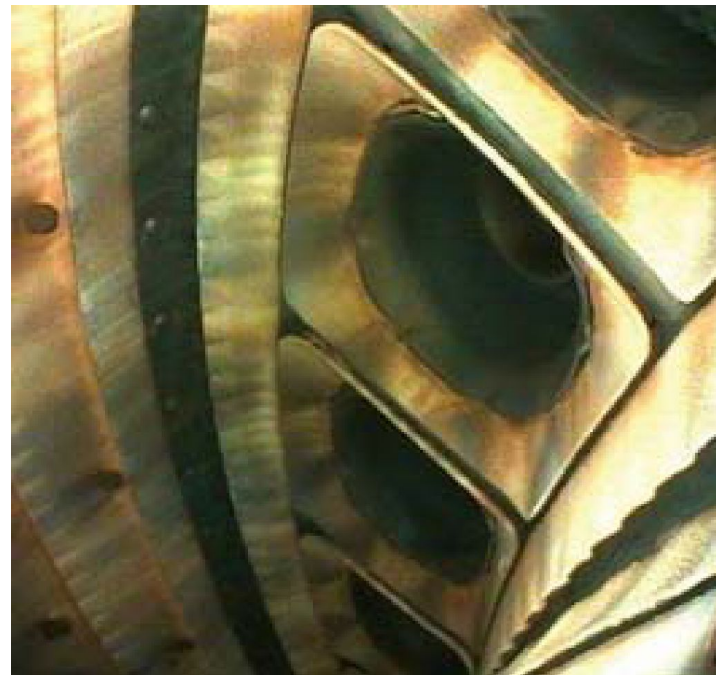
# Пример расположения точек доступа для бороскопической инспекции камеры сгорания. Двигатель CFM56-3



•

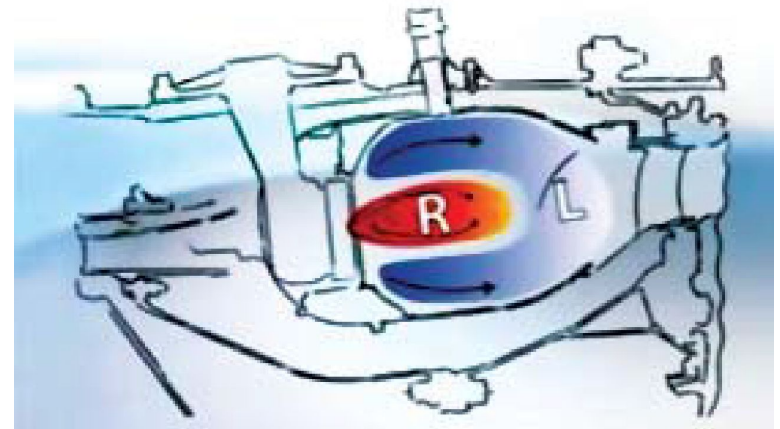
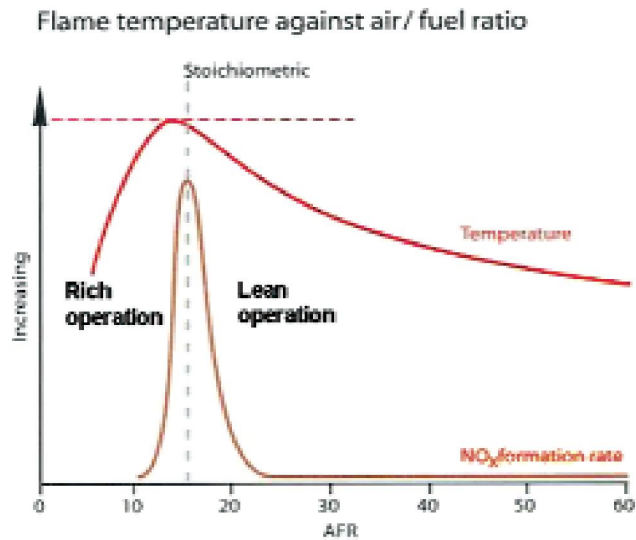


Снимок внутренних поверхностей камеры сгорания, сделанный при помощи XLG0



Внутренние полости КС на экране видеоэндоскопа

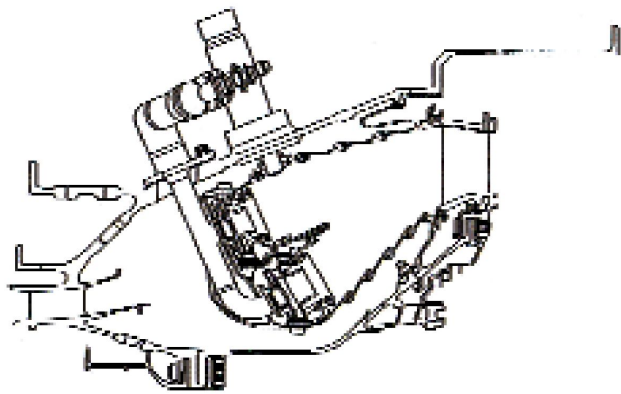
# Экологические аспекты



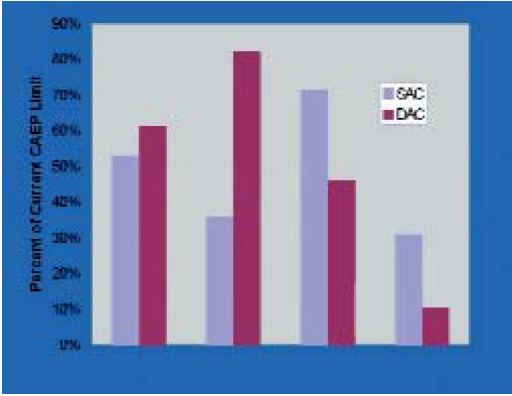
Влияние температуры и состава смеси на образование окислов азота

Двухзонная камера сгорания

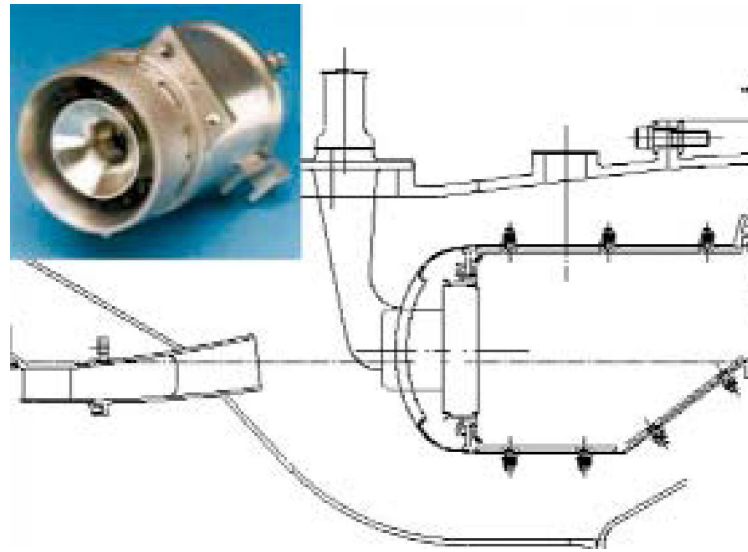




Камера сгорания типа DAC для двигателей CFM56:  
 1 пилотная зона, 2 основная зона



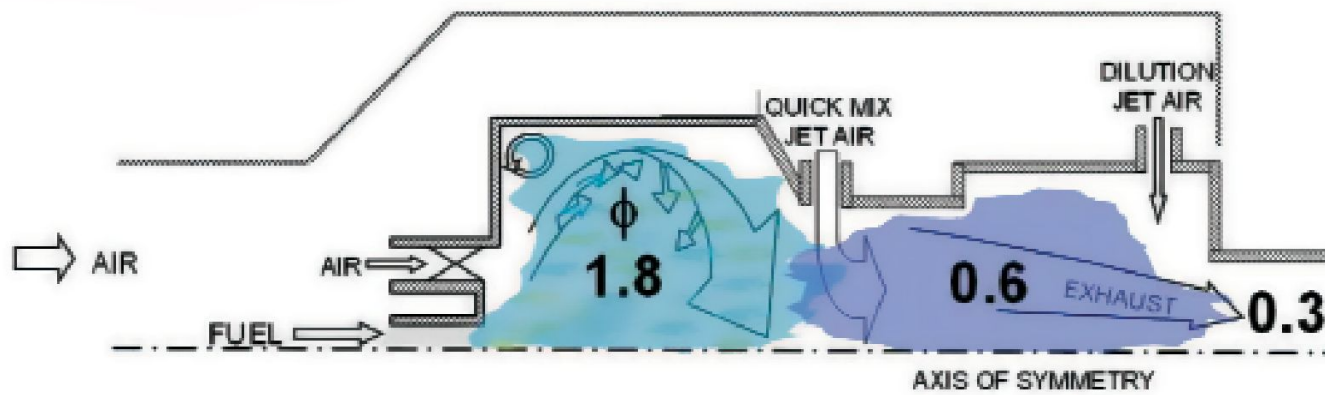
Отличия в количестве вредных выбросов Dual Annular Combustor и Single Annular Combustor



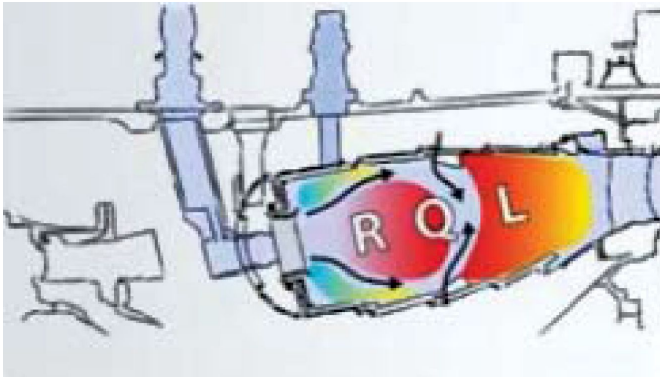
Перспективная камера сгорания  
по технологии ANTLE



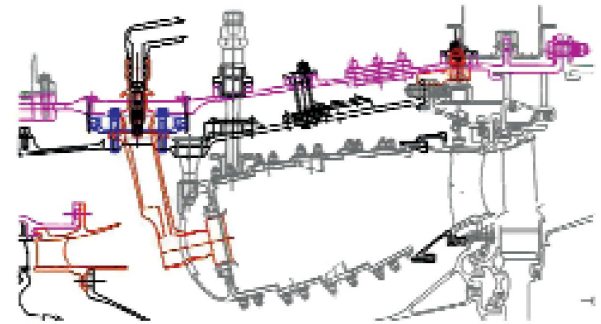
# Принцип технологии RQL



# Камеры сгорания



Камера сгорания,  
работающая по принципу RQL



Перспективная КС фирмы  
RollsRoys