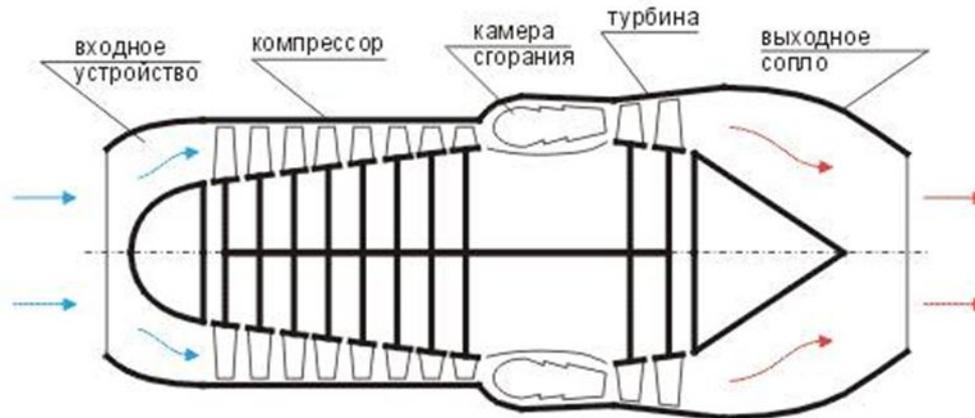




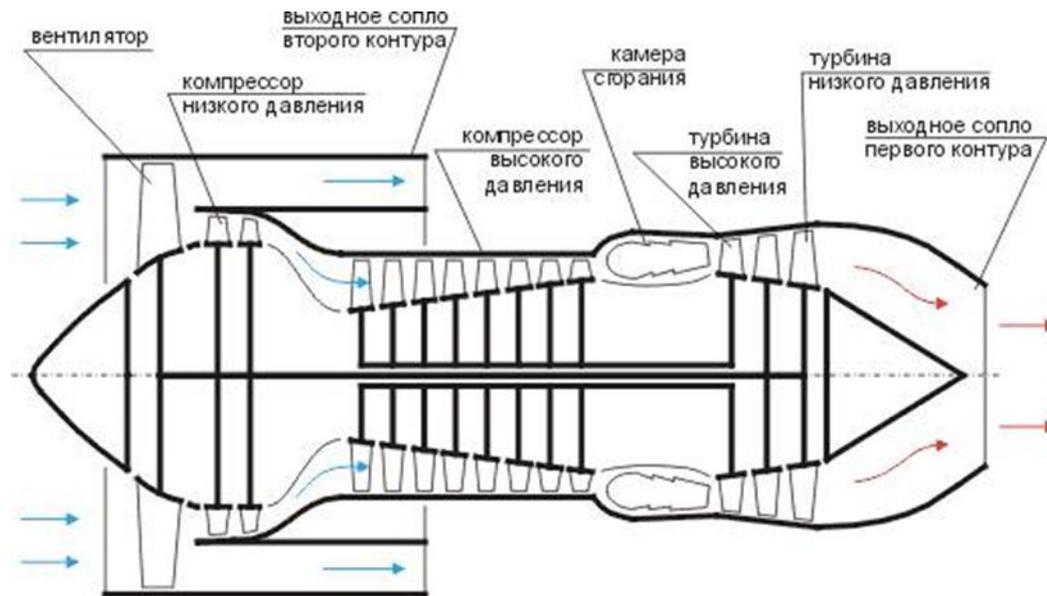
# Авиационные двигатели

- Турбореактивный двигатель
- Турбореактивный двигатель (ТРД) состоит из пяти основных частей:
  - входного устройства, \
  - компрессора,
  - камеры сгорания,
  - газовой турбины и выходного устройства (выходного сопла)

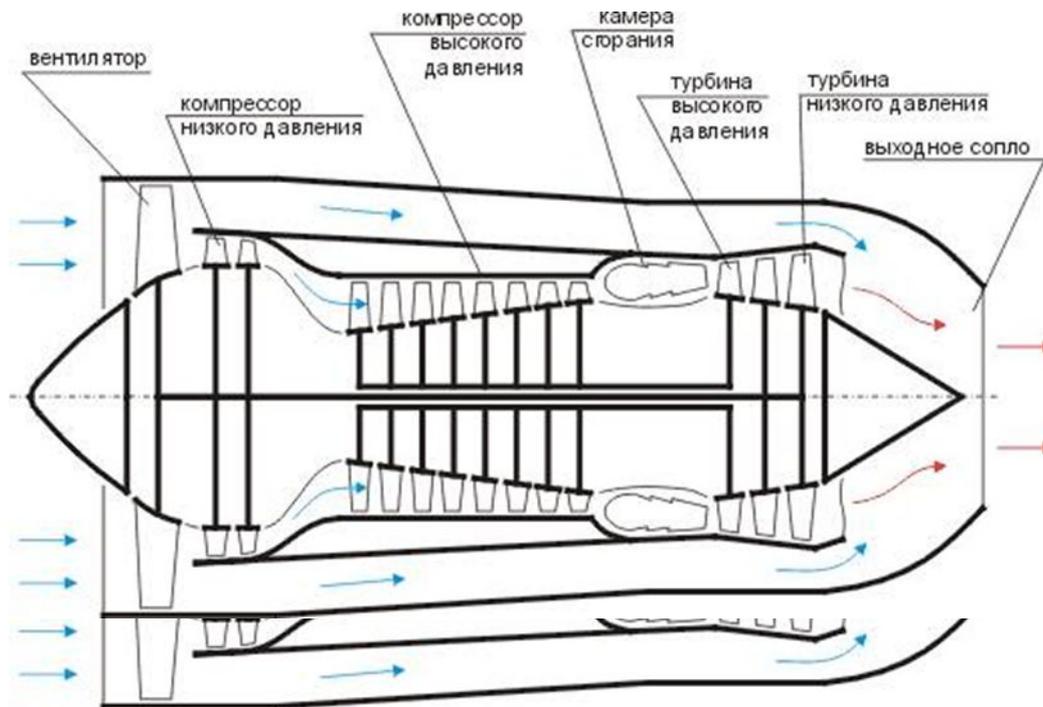


# Двухконтурный турбореактивный двигатель

В гражданской авиации широкое применение получили двухконтурные двигатели (ТРДД). Они по существу являются основными двигателями современной авиации. ТРДД состоит из двух контуров: внутреннего (первый контур) и наружного, расположенного вокруг внутреннего (второй контур)



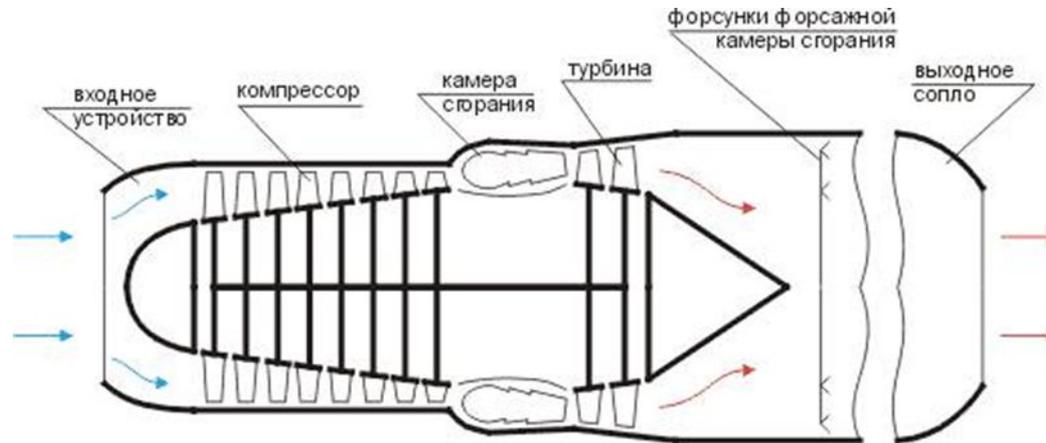
# Двухконтурный турбореактивный двигатель



ТРДД, где воздух второго контура смешивается с газами первого в камере смешения называют ТРДД со смешением потоков

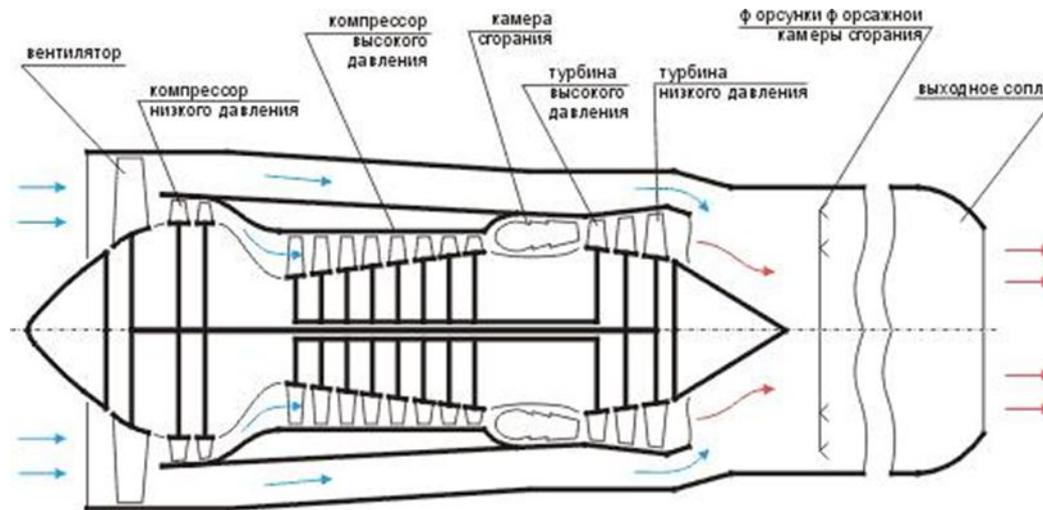
# Турбореактивный двигатель с форсажной камерой

- Турбореактивный двигатель с форсажной камерой (ТРДФ) представляет собой ТРД, у которого газовый поток после расширения в турбине поступает в форсажную камеру



В форсажной камере производится дополнительный подвод тепла путем сжигания топлива. Это значительно увеличивает тягу двигателя (на 50%), однако сильно возрастает расход топлива. ТРДФ применяется в военных самолетах, где есть необходимость кратковременного увеличения тяги для перехвата цели.

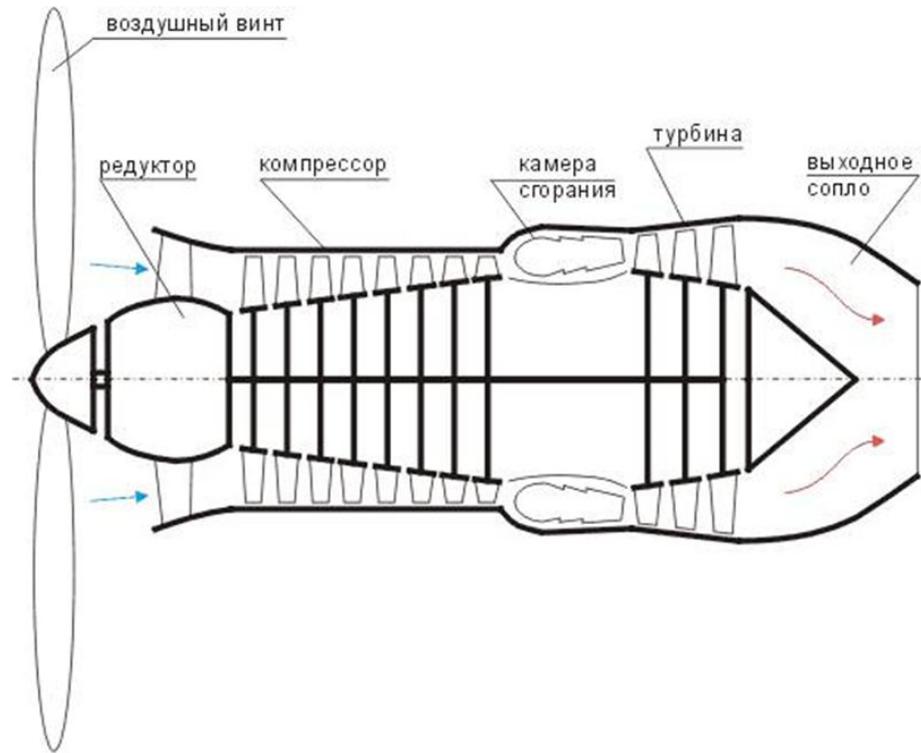
# Двухконтурный турбореактивный двигатель с форсажной камерой



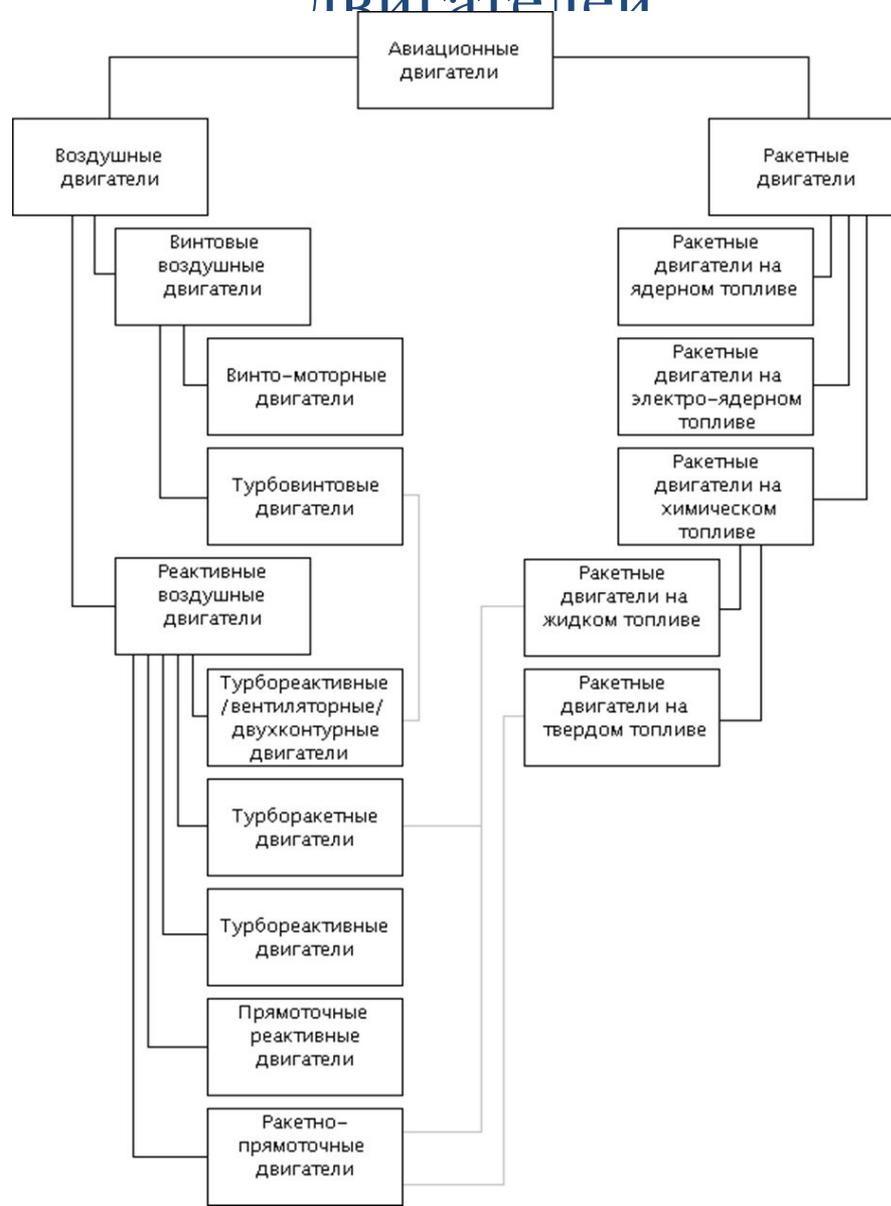
Двухконтурный турбореактивный двигатель с форсажной камерой (ТРДДФ) представляет собой ТРДД со смешением потоков, у которого после камеры смешения газовый поток направляется в форсажную камеру для дополнительного подвода тепла с целью увеличения тяги. ТРДДФ применяется в современных военных самолетах. Он сочетает в себе скоростные возможности ТРДФ и экономичность ТРДД. ТРДДФ имеют более низкую степень двухконтурности, чем ТРДД для гражданской авиации.

# Турбовинтовой двигатель

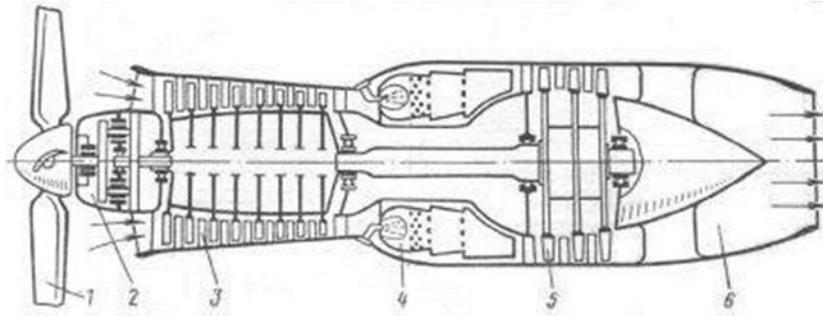
- На малых и средних скоростях полета (до 750-800 км/ч) ТРД значительно уступает турбовинтовым двигателям (ТВД) и по экономичности, и по своим взлетно-посадочным характеристикам. Это объясняется применением ТВД для указанного диапазона скоростей полета. ТВД состоит из тех же основных элементов, что и ТРД, но, помимо того, снабжен воздушным винтом, вал которого соединен с валом турбокомпрессора через редуктор.



# Классификация основных типов авиационных двигателей



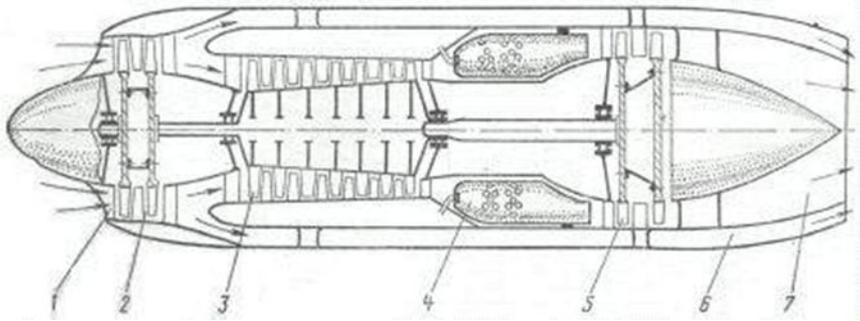
# Турбовинтовые двигатели



1 - воздушный винт; 2 - редуктор; 3 - компрессор; 4 - камера сгорания; 5 - турбина; 6 - выходное устройство

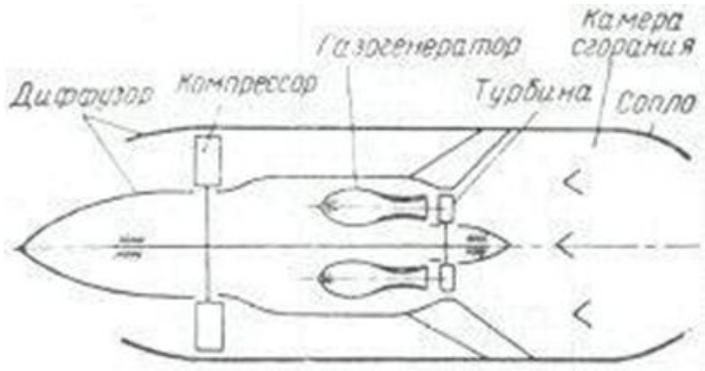
Турбовинтовым двигателем называется газотурбинный авиационный двигатель, в котором турбина развивает мощность, большую потребной для вращения компрессора, и этот избыток мощности используется для вращения воздушного винта.

### Турбореактивный двухконтурный двигатель

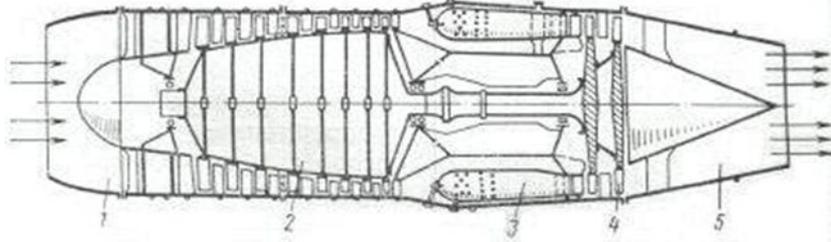


1 - входное устройство; 2 - компрессор низкого давления; 3 - компрессор высокого давления; 4 - камера сгорания; 5 - турбина; 6 - выходное устройство внешнего контура; 7 - выходное устройство внутреннего контура

### Турборакетные двигатели



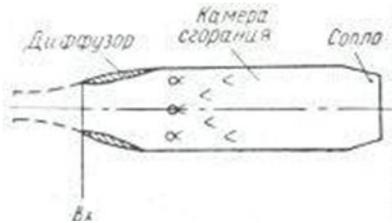
### Турбореактивные двигатели



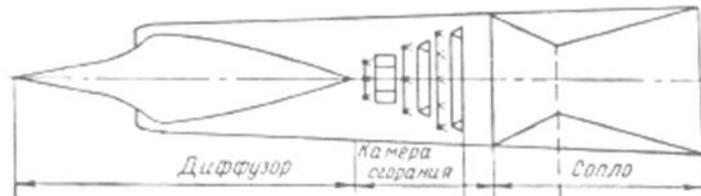
1 - входное устройство; 2 - компрессор; 3 - камера сгорания; 4 - газовая турбина; 5 - выходное устройство

# Прямоточные реактивные двигатели

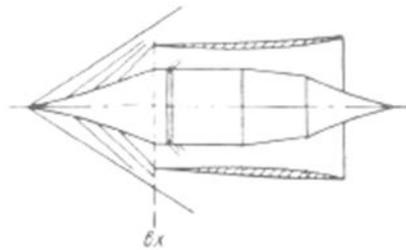
- Существует три основных типа прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД), использующих химическую энергию:



- "дозвуковой" ПВРД для дозвуковых и малых сверхзвуковых скоростей полета ( $M < 1,5-2,0$ );



- ПВРД для работы на умеренных сверхзвуковых скоростях (СПВРД) ( $M < 5,0-7,0$ );

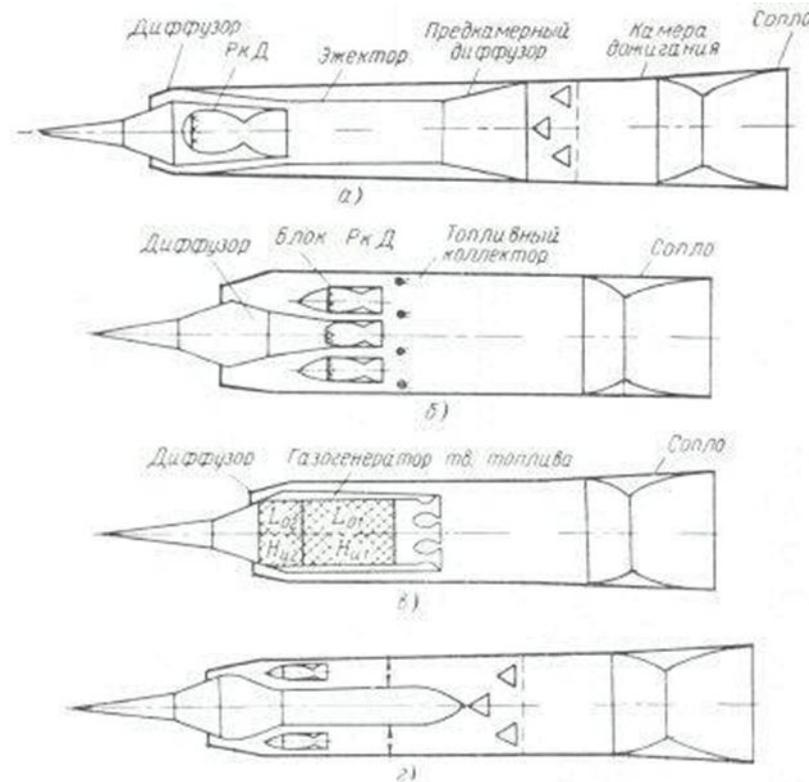


- двигатель для работы на больших сверхзвуковых (гиперзвуковых) скоростях (ГПВРД) ( $M > 5,0-7,0$ ).

Все три типа двигателей состоят из трех обязательных элементов: **диффузора, камеры сгорания и сопла.**

- Диффузор служит для повышения статического давления движущегося относительно его поверхности воздуха при его торможении.
- Диффузор "дозвукового" ПВРД представляет собой расширяющийся канал, где при отсутствии отрыва потока от стенок уменьшается скорость потока и соответственно повышается статическое давление. Если такой диффузор работает на сверхзвуковой скорости ( $M > 1,0$ ), то торможение воздуха на нормальных режимах работы диффузора происходит также и в прямом скачке, находящемся либо впереди входа, либо в его плоскости..
- В диффузоре СПВРД торможение воздуха происходит в системе скачков, определяемой геометрией иглы диффузора и числом  $M$ , а затем после перехода к дозвуковому течению - в расширяющейся части канала.
- При оптимальном режиме работы диффузора переход к дозвуковой скорости в рабочем диапазоне числа  $M$ , как правило совершается в районе горла диффузора.
- Диффузор ГПВРД характеризуется тем, что торможение потока происходит по существу только при обтекании иглы диффузора, скорость потока после торможения остается сверхзвуковой, "дозвуковая" расширяющаяся часть отсутствует.
- Камера сгорания является элементом двигателя, в котором выделяется тепло с соответствующим повышением температуры рабочего тела. Выделение тепла происходит за счет химических реакций, где окислителем является кислород воздуха, а горючим - химическое соединение (топливо), находящиеся на борту летательного аппарата.
- Любая камера сгорания ПВРД с дозвуковой скоростью потока выполнена из типичных элементов. К таким элементам относится форкамера - устройство, обеспечивающее мощный пламенный источник поджигания основного количества горючей смеси. Форкамера представляет собой небольшую камеру сгорания с малой скоростью движения горючей смеси.
- Для обеспечения устойчивой работы, сокращения длины камеры применяются стабилизирующие устройства, представляющие собой плохо обтекаемые тела - отдельные конусы, кольца из углового профиля. Зона обратных потоков, образуемая за стабилизаторами, обеспечивает необходимую устойчивость работы камеры сгорания.
- Смесеобразование достигается с помощью топливного коллектора, представляющего собой обычно кольцо, выполненное из трубки круглого или эллиптического сечения, в которое подается горючее. Горючее попадает в камеру сгорания через форсунки, установленные на кольце коллектора. Подача горючего может осуществляться как против потока, так и по его направлению. Коллектор устанавливается на небольшом расстоянии перед каждым стабилизатором.
- Камера сгорания ГПВРД не может быть выполнена, как камера сгорания "дозвукового" ПВРД или СПВРД, так как всякое загромождение сечения при числе  $M > 1,0$  потока приведет к образованию сильных возмущений с переходом сверхзвукового потока в дозвуковой. Поэтому камера сгорания ГПВРД представляет собой свободный канал, подача горючего в который происходит со стенок и рассредоточена по длине.
- Воспламенение горючей смеси может достигаться за счет высокой температуры в потоке или пристеночном пограничном слое. Не исключено поджигание горючего специально организованными "факельными" источниками, которые могут быть образованы при истечении продуктов сгорания твердого топлива в специальном газогенераторе. Возможно также создание специальных горелок с подачей в них жидкого горючего и окислителя и образование дежурного факела, который может действовать без ограничения времени работы. Процесс сгорания топлива в камере сгорания ГПВРД может осуществляться с использованием детонационного горения. Резкий подъем давления и температуры в скачке ускоряет воспламенение и горение топлива.
- Назначение сопла ПВРД, так же как и в ракетном двигателе, является достижение максимально возможного статического давления в камере сгорания (что достигается подбором соответствующего значения критического сечения сопла), преобразование избыточного давления в кинетическую энергию истекающих газов, если давление в камере больше давления в окружающей среде.
- На ПВРД возможно использование регулируемого сопла, что способствует работе двигателя с минимальными потерями полного давления по тракту, а в "идеальном" случае вообще без потерь.

# Ракетно-прямоточные двигатели

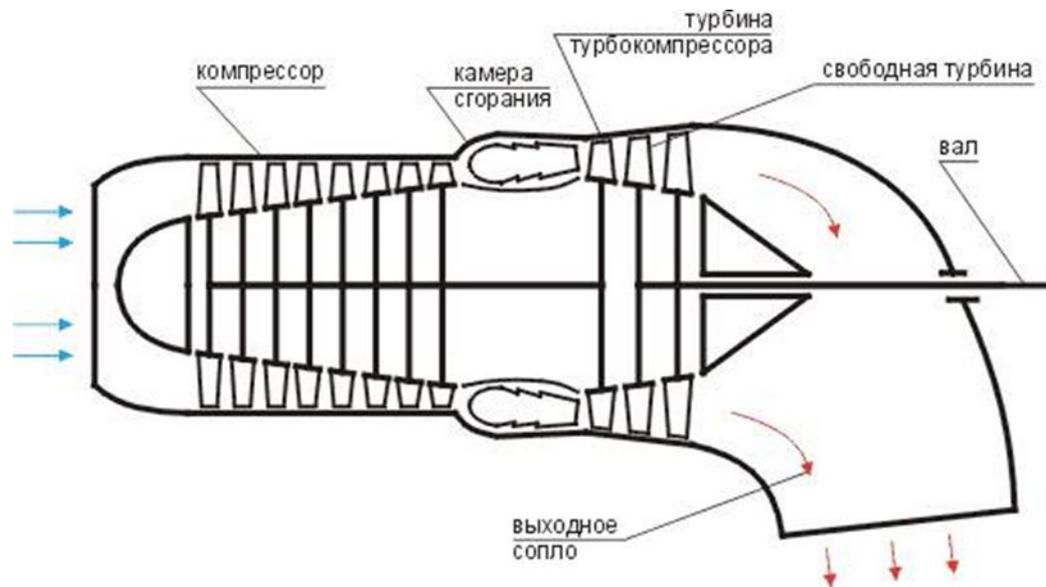


а - РПД с раздельными камерами смешения и догорания (РПДэ); б - РПД с единой камерой смешения-сгорания; в - РПД на твердом топливе; г - РПД с кольцевой камерой эжектора.

# Ракетные двигатели на ядерном и электро-ядерном топливе

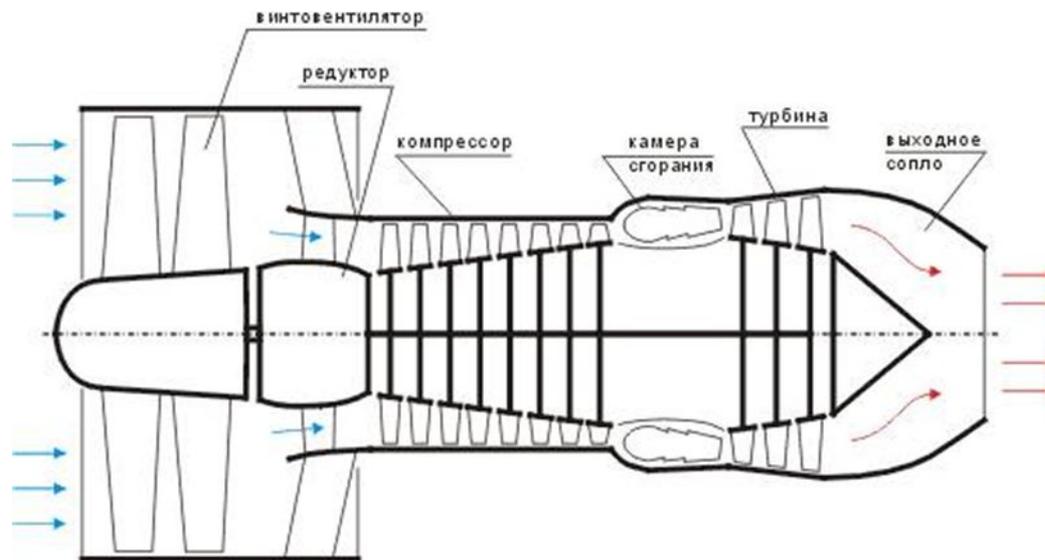
- Ракетные двигатели на ядерном топливе (ЯРД) и ракетные двигатели электро-ядерно топливе (ЭЯРД) используют, по существу, один и тот же тип энергии - ядерную. Различие состоит в том, что в ЯРД ядерная энергия преобразуется в тепловую с целью повышения температуры рабочего тела, а для ЭЯРД ядерная энергия с помощью специальных элементов преобразуется в электрическую энергию, которая и является основой работы движителя. ЯРД и ЭЯРД резко отличаются по устройству, организации рабочего процесса, тяговым и экономическим характеристикам, что связано непосредственно с родом применяемой в движителях энергии. Двигатели такого класса распространения не имели.
-

# Турбовальные двигатели



Двигатели, выполненные по такой схеме (называемые также турбовальными), устанавливаются на вертолетах и в отдельных случаях – на самолетах.

# Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД)

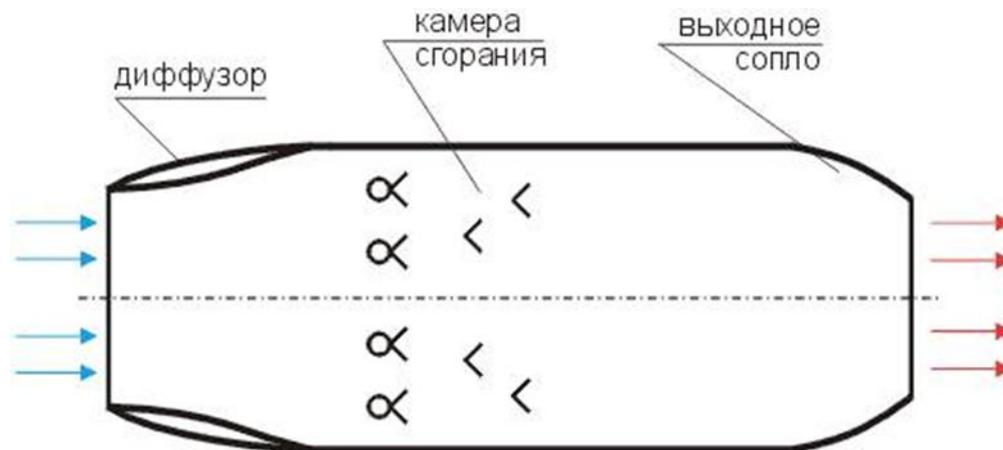


Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) очень похож на ТВД.

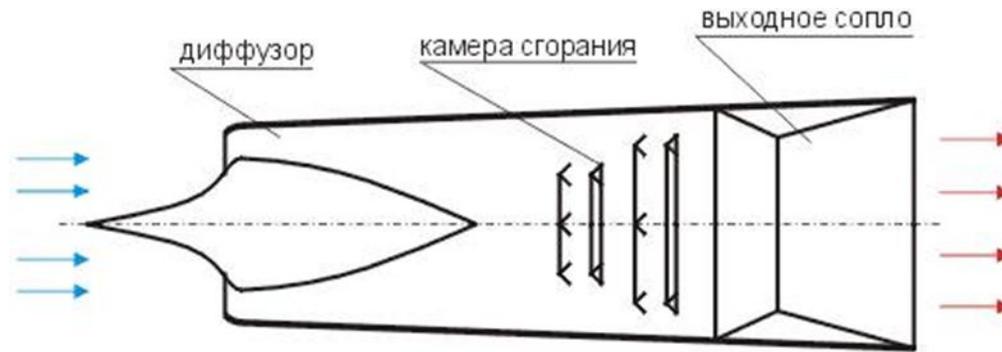
Здесь взамен винта применяется винтовентилятор, представляющий собой малогабаритный высоконагруженный многолопастный воздушный винт изменяемого шага. Диаметр винтовентилятора примерно на 40% меньше, чем диаметр современного винта. Исследования показывают, что при одной и той же коммерческой нагрузке и одинаковой дальности полета магистральный самолет в крейсерском полете, при применении ТВВД израсходует за полет на 20-25% меньше топлива, чем перспективный ТРДД.

# Прямоточный двигатель

- В прямоточном воздушно реактивном двигателе (ПВРД) происходит горение топлива в потоке воздуха сжатого скоростью набегающего потока. По сравнению с турбореактивными двигателями, ПВРД не имеет движущихся частей. В ПВРД для создания тяги необходим набегающий на двигатель поток, то есть ПВРД становится эффективен на определенной скорости полета.
- Конструктивно ПВРД состоит из трех основных частей – диффузора, камеры сгорания и выходного сопла.



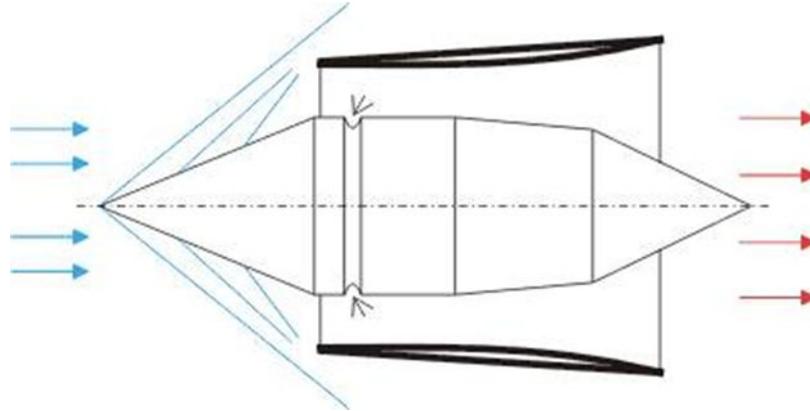
# Гиперзвуковой ПВРД



Диффузор гиперзвукового ПВРД обеспечивает торможение потока только в системе скачков. И далее скорость все равно остается сверхзвуковой. Поэтому камера сгорания гиперзвукового ПВРД представляет собой свободный канал, подача горючего в который происходит со стенок и рассредоточена по длине.

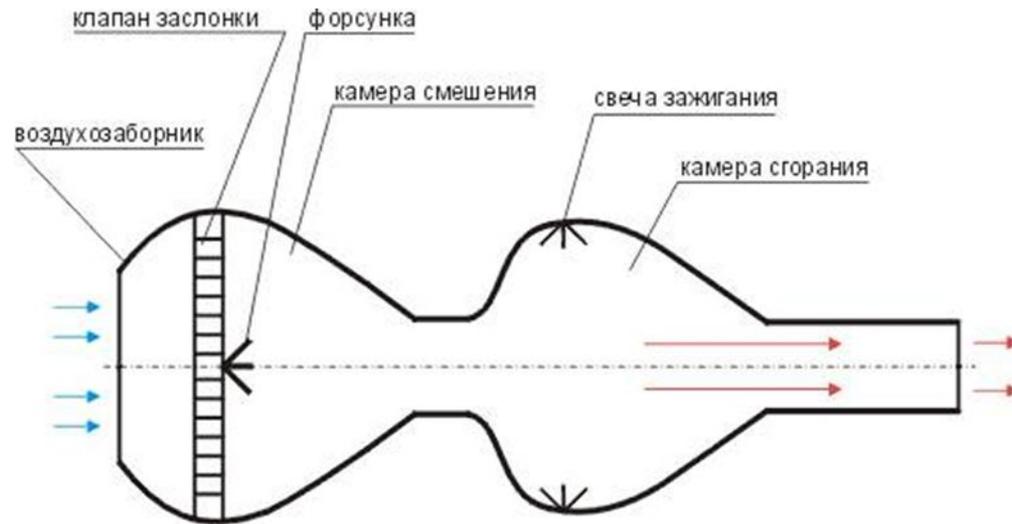
- Диффузор гиперзвукового ПВРД обеспечивает торможение потока только в системе скачков. И далее скорость все равно остается сверхзвуковой. Поэтому камера сгорания гиперзвукового ПВРД представляет собой свободный канал, подача горючего в который происходит со стенок и рассредоточена по длине.

# Диффузор гиперзвукового ПВРД



Диффузор гиперзвукового ПВРД обеспечивает торможение потока только в системе скачков. И далее скорость все равно остается сверхзвуковой. Поэтому камера сгорания гиперзвукового ПВРД представляет собой свободный канал, подача горючего в который происходит со стенок и рассредоточена по длине.

# Пульсирующий двигатель



Процессы горения топлива и последующего истечения продуктов сгорания в пульсирующем двигателе (ПуВРД) не непрерывные, а имеют циклический характер. Тяга ПуВРД, определяемая истекающими продуктами сгорания топлива - их количеством и скоростью, также изменяется циклически во время работы, причем ее среднее значение много меньше максимального. Пульсирующий характер работы двигателя сделал его применение невыгодным в большой авиации по сравнению с двигателями, имеющими непрерывный процесс горения - прямоточными воздушно-реактивными (ПВРД) и турбокомпрессорными воздушно-реактивными (ТВРД).

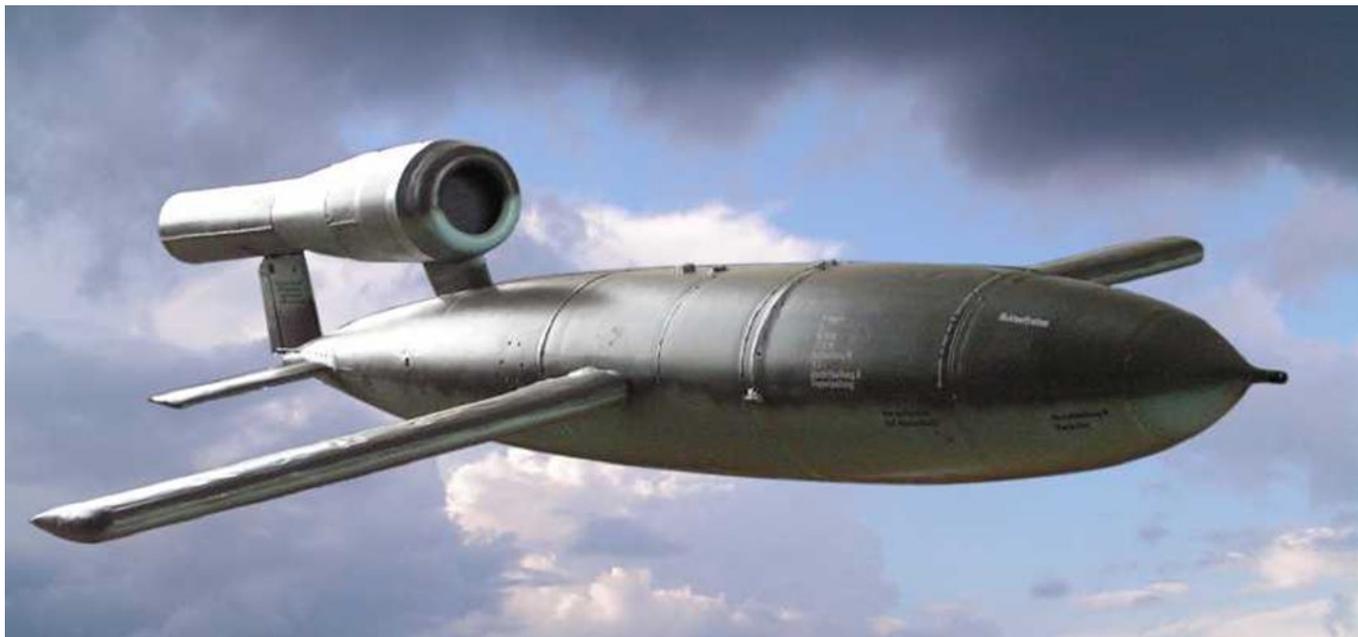




# Турбовинтовые авиадвигатели



# Пульсирующие воздушно-реактивные авиадвигатели



Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели не нашли применения в современной авиации из-за неудовлетворительной своей эффективности. Главной особенностью их функционирования является то, что работают они на принципе воздушно-реактивного двигателя. С той лишь разницей, что топливо в камеру сгорания подаётся периодически, создавая своеобразные импульсы, позволяющие двигать объект в заданном направлении.

# Турбовентиляторные авиационные двигатели



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ









•

•

Принцип работы турбовентиляторных авиационных двигателей сводится к тому, что подаваемый за счёт вентилятора воздух обеспечивает полное сгорание топлива за счёт избытка кислорода, что делает такие авиадвигатели и более эффективными и в тоже время наиболее экологически чистыми. Применяются подобные турбовентиляторные авиадвигатели как правило на крупных авиалайнерах, так как практически всегда у них имеется большая конструкция за счёт необходимости нагнетания дополнительного объёма воздуха.

Подробнее

на:<http://avia.pro/blog/avia-dvigateli-tipy-dvigatelay-ispolzuemyh-v-aviastroenii>