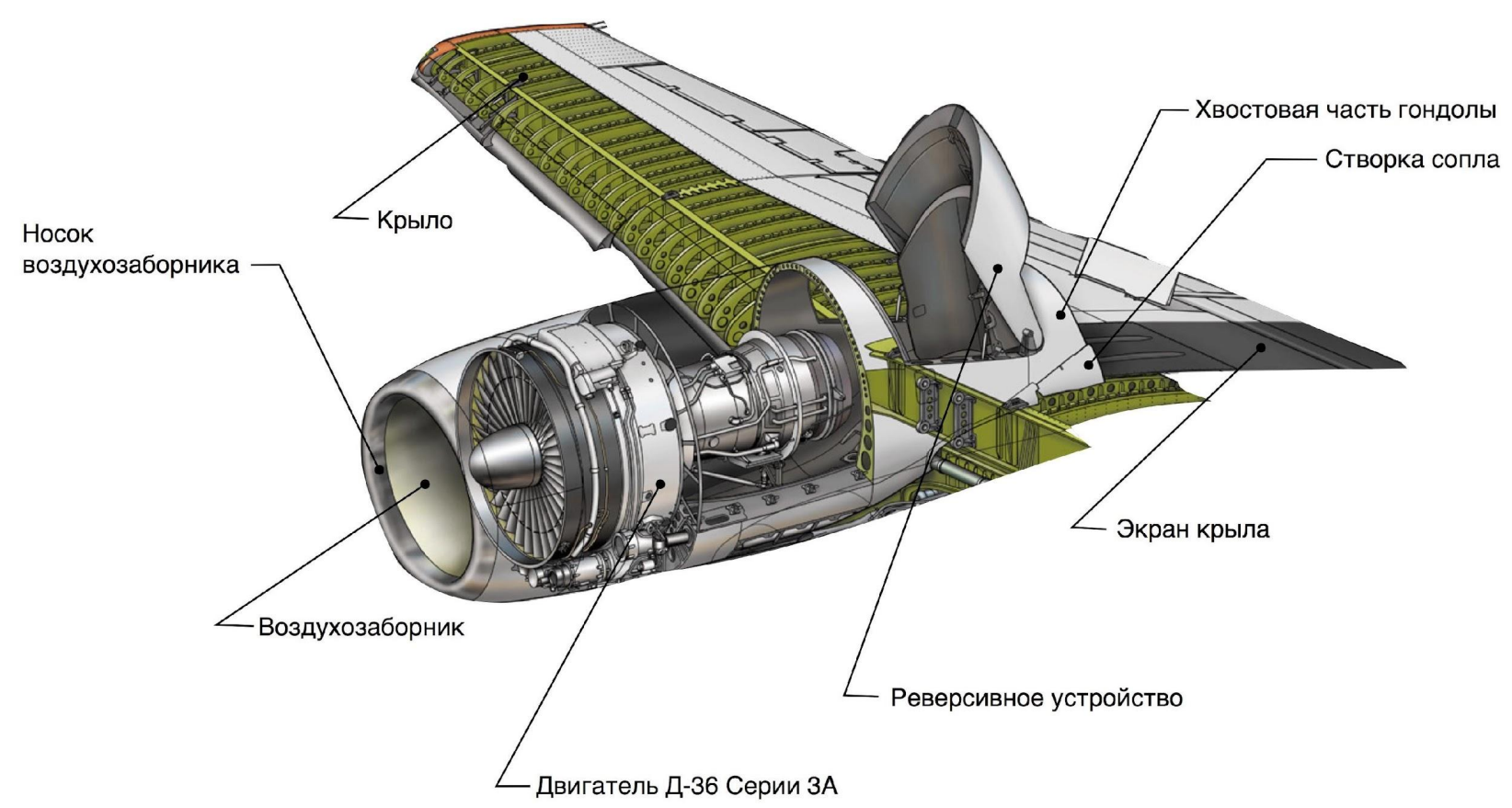
- Тема 1

Классификация и принцип действия авиационных двигателей различных типов (поршневых, воздушно-реактивных и ракетных).

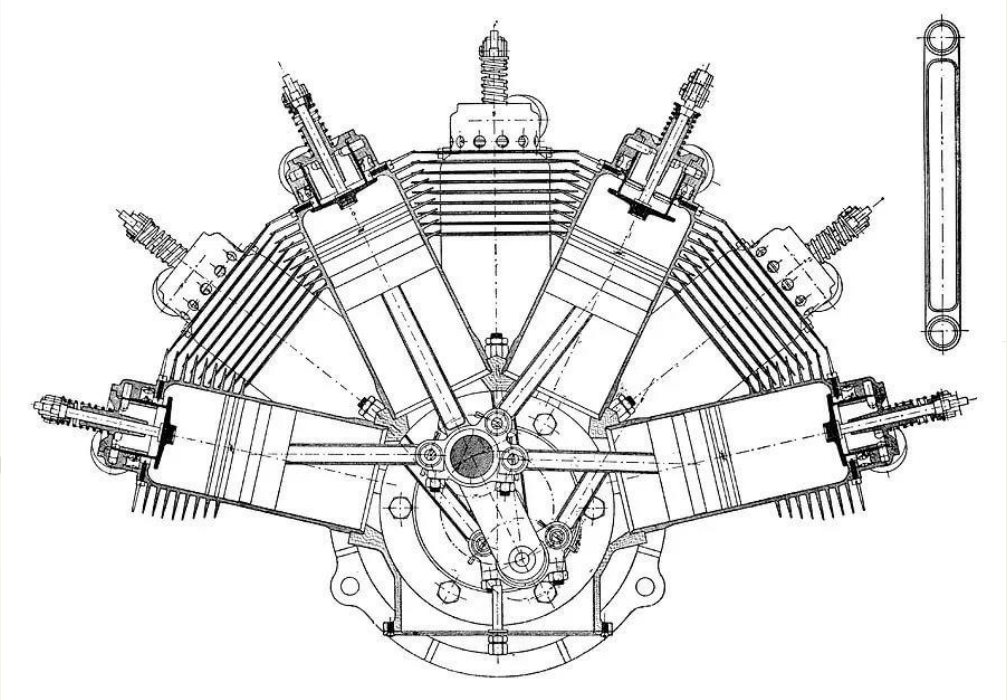
Воздушно-реактивные двигатели прямой и непрямой реакции. Базовые и комбинированные двигатели. Состав авиационных силовых установок

- Одним из основных компонентов летательного аппарата является его силовая установка.
- Авиационная силовая установка (АСУ) — энергетический компонент летательного аппарата (ЛА), предназначенный для реализации на данном ЛА располагаемой силы тяги и обеспечения надёжной работы двигателей на всех режимах полёта.
- АСУ объединяет собой: все установленные на данном ЛА авиационные двигатели (маршевые, подъёмные, комбинированные, вспомогательные); системы крепления двигателей к конструкции ЛА; системы и устройства реализации силы тяги и регулирования её величины; системы обеспечения безотказной и безаварийной работы двигателей на всех режимах полёта.



Поршневой авиационный двигатель (ПАД)

Поршневой авиационный двигатель (ПАД)



В основе работы ПАД лежит работа четырёхтактного ПД, принцип которого был предложен во второй половине 1870-х Николаусом Отто.

Процесс в нём совершается в течение четырех ходов поршня:

- I такт: **впуск** — поршень движется в цилиндре вниз, втягивая воздух и топливо через открытый впускной клапан.
- II такт: **сжатие** — впускной и выпускной клапаны закрыты, поршень движется в цилиндре вверх, сжимая топливовоздушную смесь.
- III такт: **рабочий ход** (расширение) — когда поршень в такте сжатия приближается к верхней мертвой точке, система зажигания дает искру на свечах. При этом топливовоздушная смесь поджигается и в процессе сгорания быстро расширяется. Создаваемое расширением давление толкает поршень вниз, а поршень, двигаясь к нижней мертвой точке, вращает коленчатый вал, передающий усилие на воздушный винт.
- IV такт: **выпуск** — когда поршень достигает нижней мертвой точки, открывается выпускной клапан. Затем поршень снова идет вверх, выталкивая продукты сгорания топливовоздушной смеси из цилиндра.

Классификация авиационных реактивных двигателей

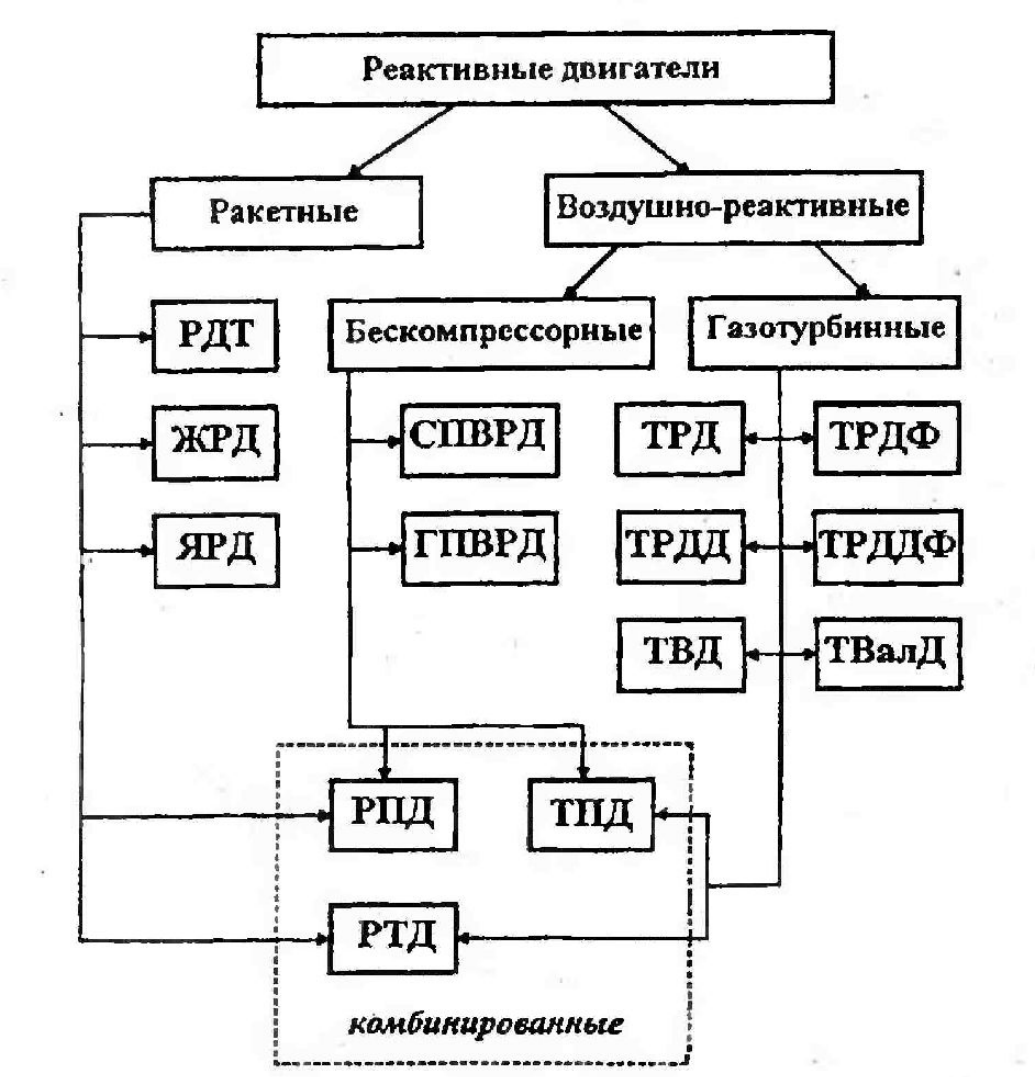


Рис. В.1. Классификация реактивных двигателей

Турбореактивный двигатель (ТРД)

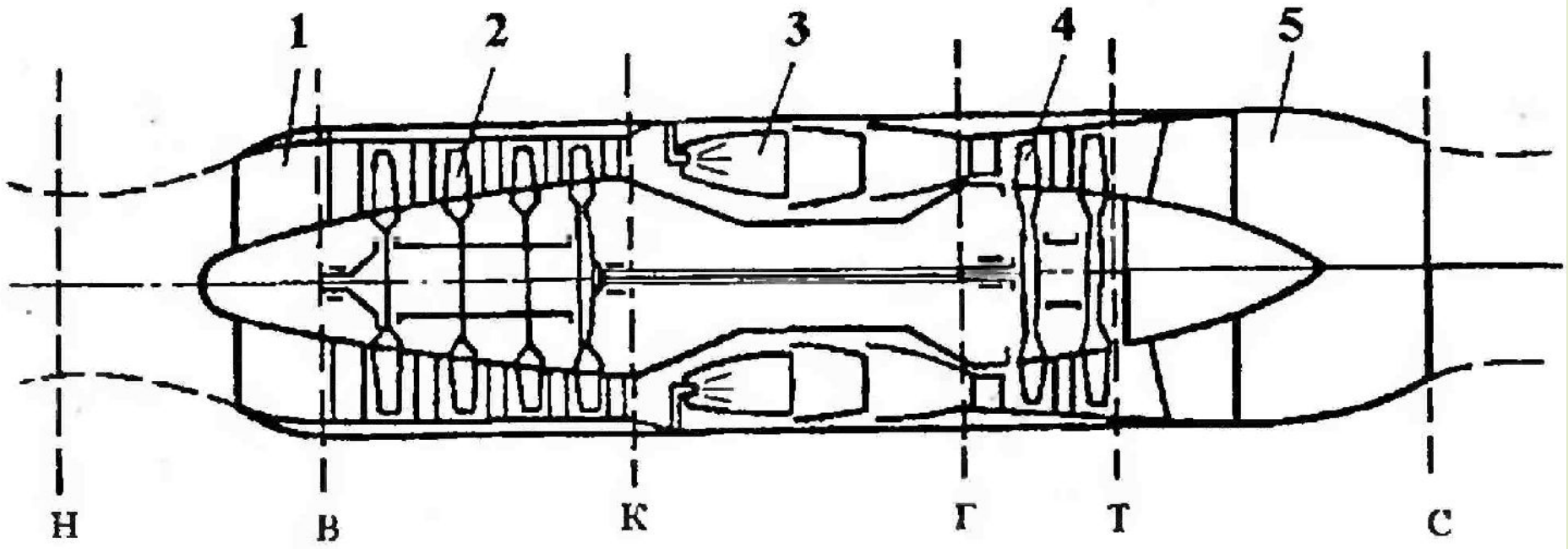


Рис. В.2. Схема ТРД:
1 — воздухозаборник; *2* — компрессор; *3* —камера сгорания; *4* — турбина; *5* — реактивное сопло

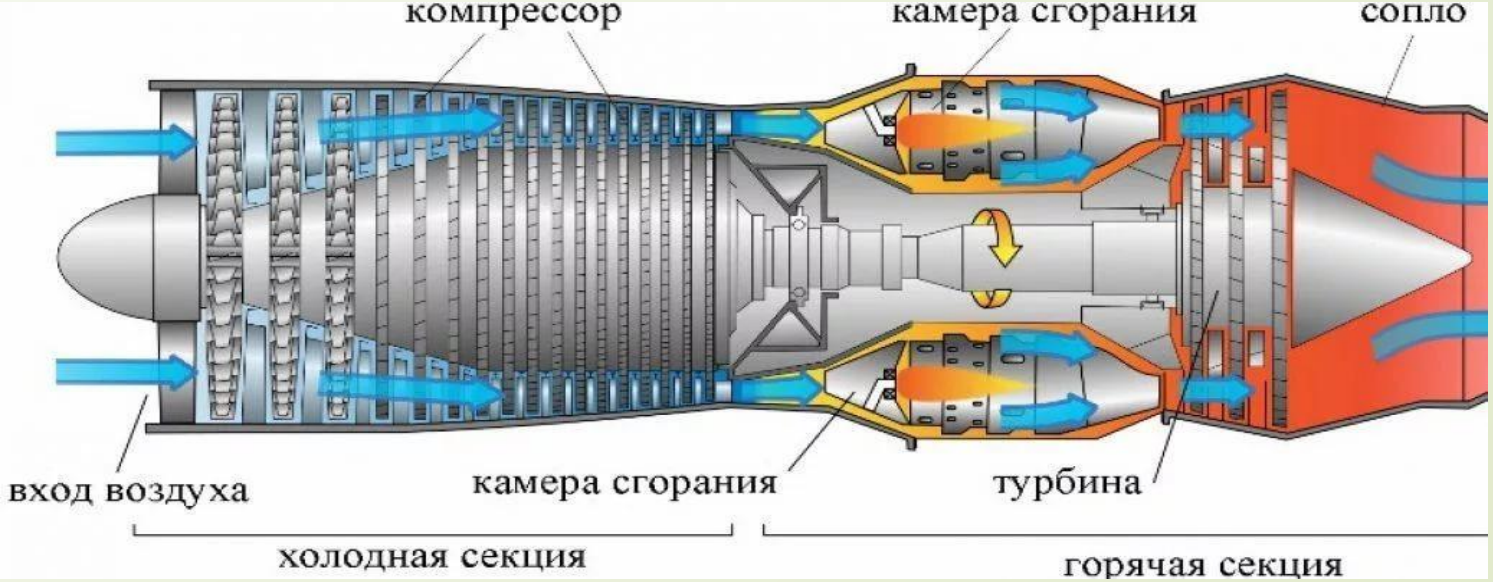
Принцип действия турбореактивного двигателя (ТРД)

В ТРД (англоязычный термин — turbojet engine) сжатие рабочего тела на входе в камеру сгорания и высокое значение расхода воздуха через двигатель достигается за счёт совместного действия встречного потока воздуха и компрессора, размещённого в тракте ТРД сразу после входного устройства, перед камерой сгорания.

Компрессор втягивает воздух, сжимает его и направляет в камеру сгорания. В ней сжатый воздух смешивается с топливом, воспламеняется и расширяется. Расширенный газ заставляет вращаться турбину, которая расположена на одном валу с компрессором. Остальная часть энергии перемещается в сужающееся сопло, из которого происходит направленное истечение газа.

В процессе перемещения рабочего тела вдоль оси двигателя меняется импульс газа, что ведет к образованию силы, которая воздействует на двигатель.

В результате горения топлива температура рабочего тела может повышаться При горении топлива воздух, служащий рабочим телом, нагревается до 1500-2500 градусов Цельсия.



Турбореактивный двигатель с форсажной камерой (ТРДФ)

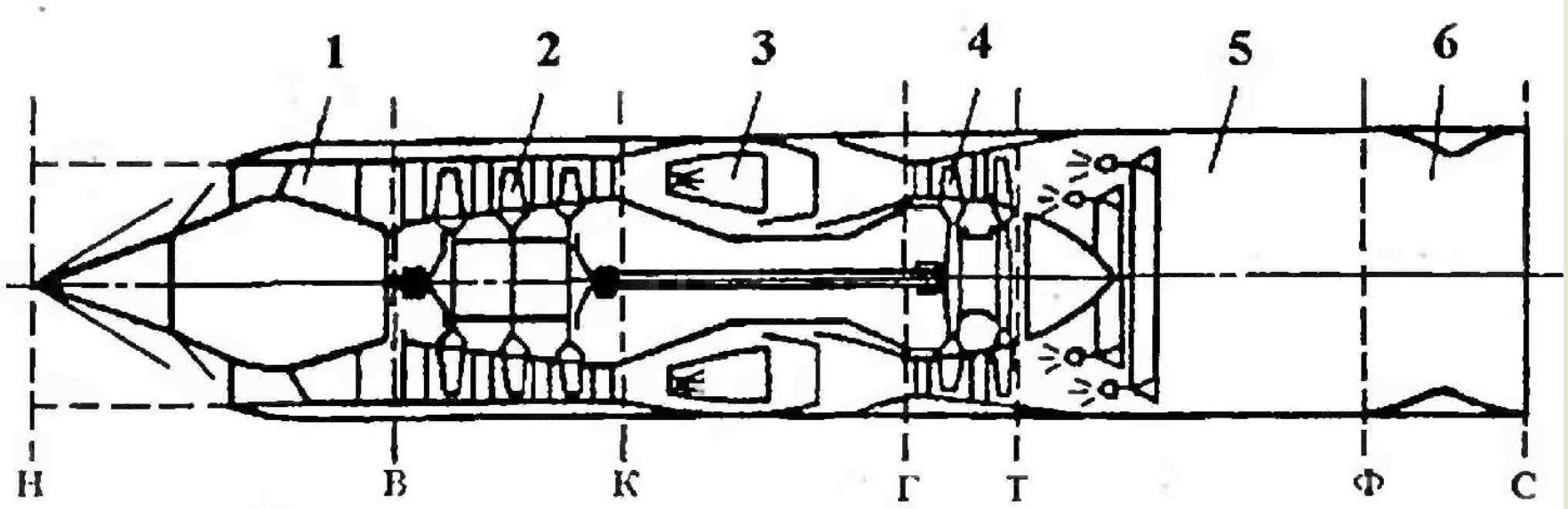
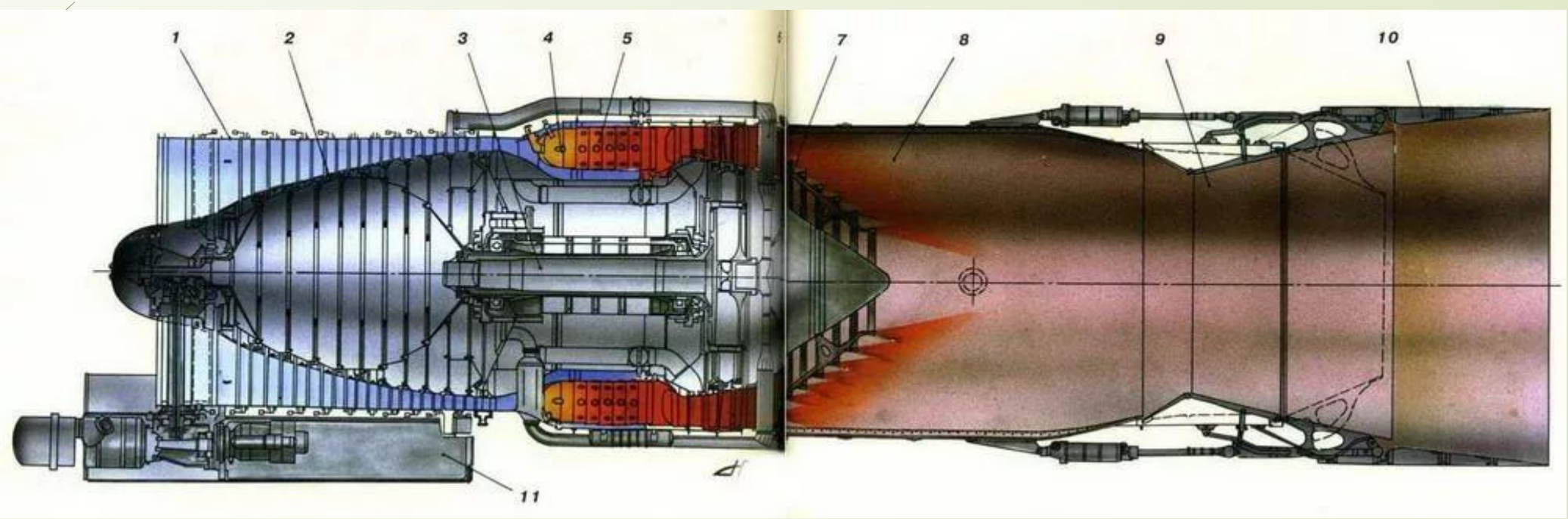


Рис. В.3. Схема ТРДФ:
1 — воздухозаборник; *2* — компрессор; *3* — камера сгорания; *4* — турбина; *5* — форсажная камера сгорания; *6* — реактивное сопло

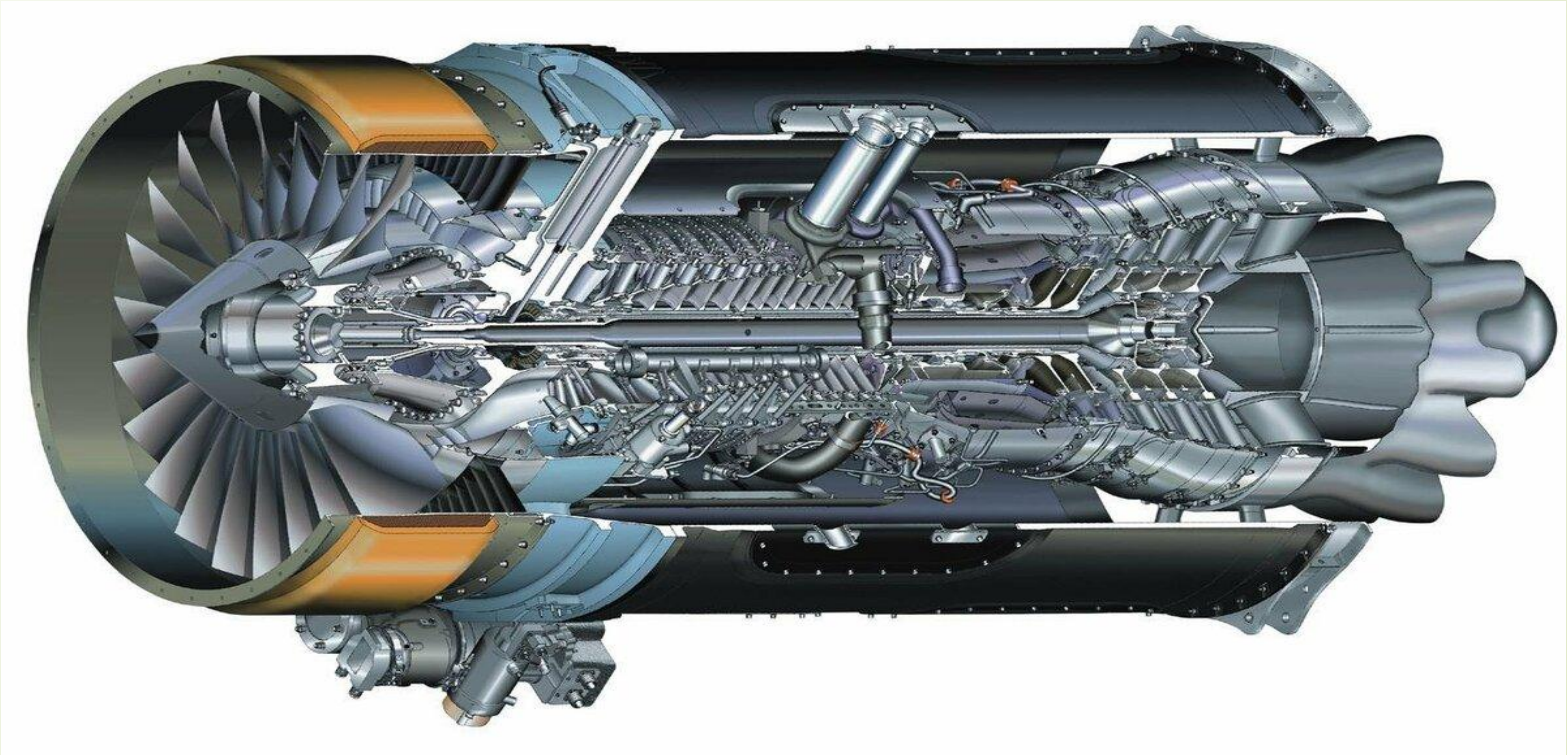
Принцип действия турбореактивного двигателя (ТРДФ)

- Турбореактивный двигатель с форсажной камерой сгорания (ТРД) (рис. В.3) отличается от ТРД наличием между турбиной 6 и реактивным соплом 9 форсажной камеры сгорания *8*, которая обеспечивает повышение температуры газа перед соплом и увеличение скорости истечения из него. Соответственно, возрастает и реактивная тяга. ТРДФ используются на самолетах с большой тяговооруженностью и большими максимальными числами М полёта ($M_п$ = 2 ,0...3,5), поэтому они оборудуются сверхзвуковым входным устройством и реактивным соплом с расширяющейся частью после критического сечения (сопло Лаваля)



Турбореактивный двигатель (ТРДД)

Турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДД) отличаются тем, что у них воздух, поступающий через входное устройство, разделяется на два потока: внутренний, проходящий через турбокомпрессор, и внешний , проходящий через вентилятор, приводимый во вращение турбиной внутреннего контура . Истечение происходит либо через два независимых сопла, либо газовые потоки соединяются за турбиной и вытекают через одно общее сопло. В ТРДД за счет обмена механической энергией между контура ми внесённая с топливом энергия подводится к массе воздуха, проходящей через оба контура, поэтому уменьшается скорость истечения. Уменьшение потерь кинетической энергии, выходящей из двигателя газовой струи, приводит к улучшению экономичности ТРДД на дозвуковых скоростях полета. Уменьшение скорости истечения газа из двигателя способствует также снижению уровня шума .



Турбореактивный двигатель (ТРДД)

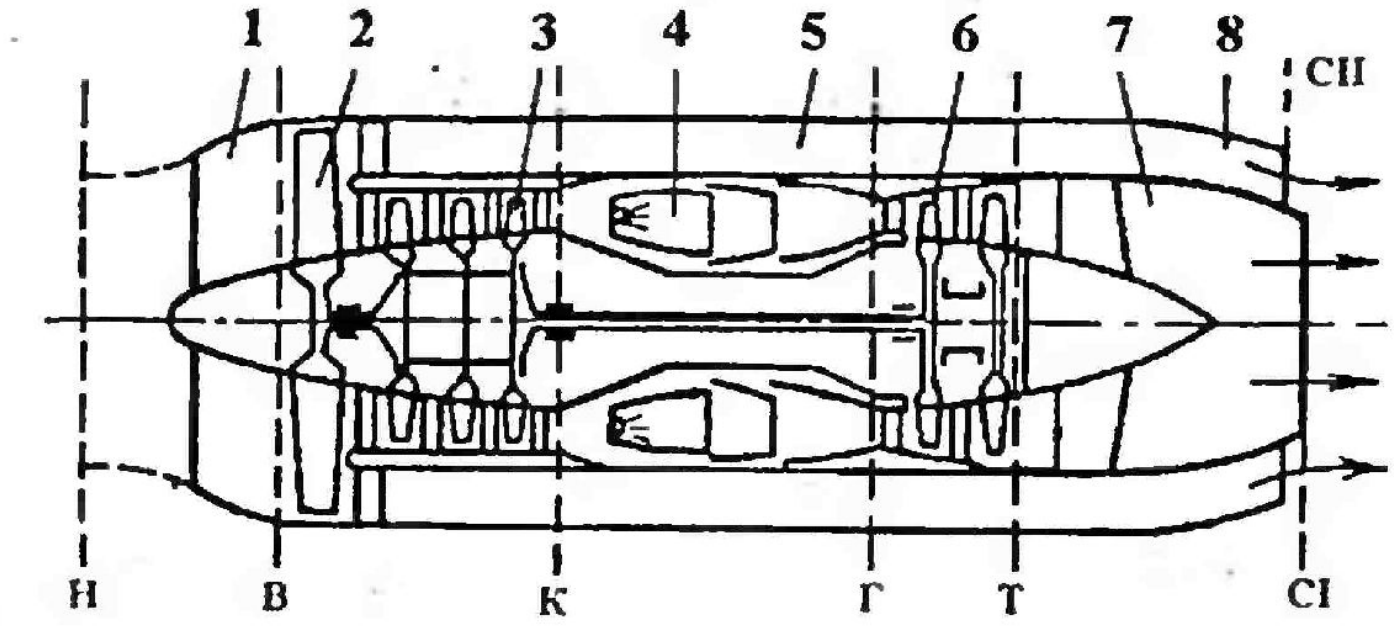


Рис. В.4. Схема ТРДД с раздельными контурами:
1 — воздухозаборник; *2* — вентилятор; *3* — компрессор;
4 — камера сгорания; *5* — внешний контур; *6* — турбина;
7 — реактивное сопло внутреннего контура;
8 — реактивное сопло внешнего контура

Турбореактивный двигатель (ТРДД)

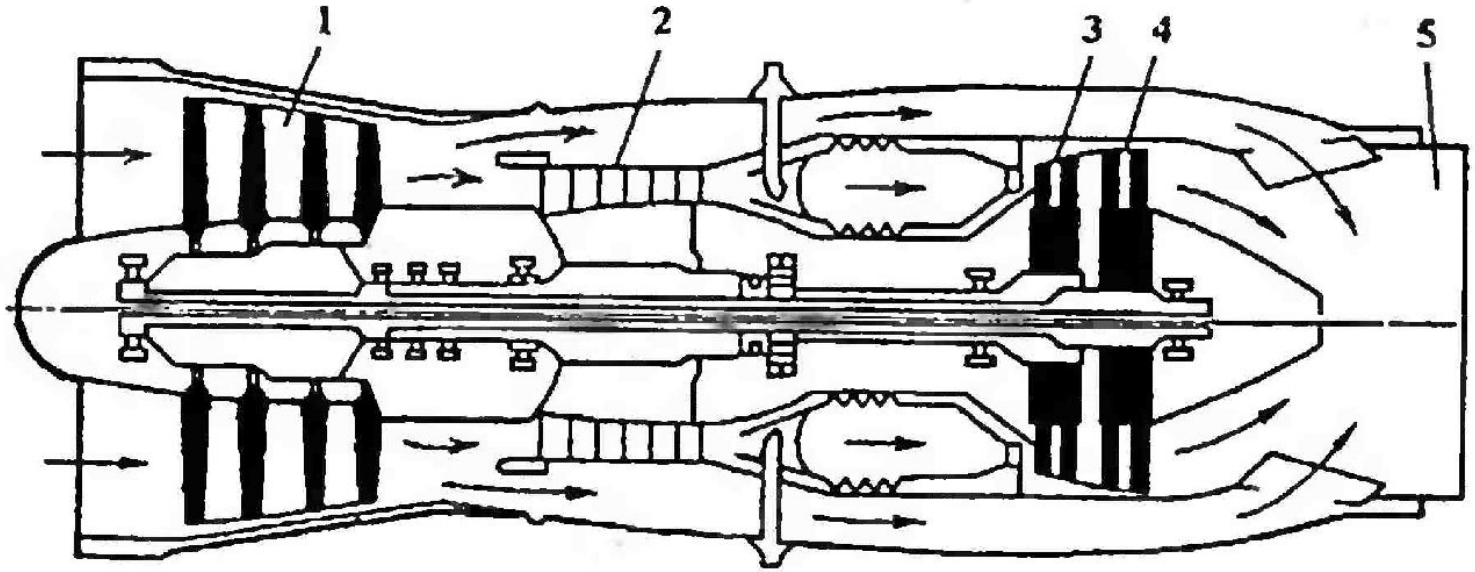


Рис. В.5. Схема ТРДД со смешением потоков:
1 — вентилятор и компрессор низкого давления;
2 — компрессор высокого давления; *3* — турбина высокого давления;
4 — турбина низкого давления; *5* — общее реактивное сопло

Двухконтурный турбореактивный двигатель с форсажной камерой (ТРДДФ)

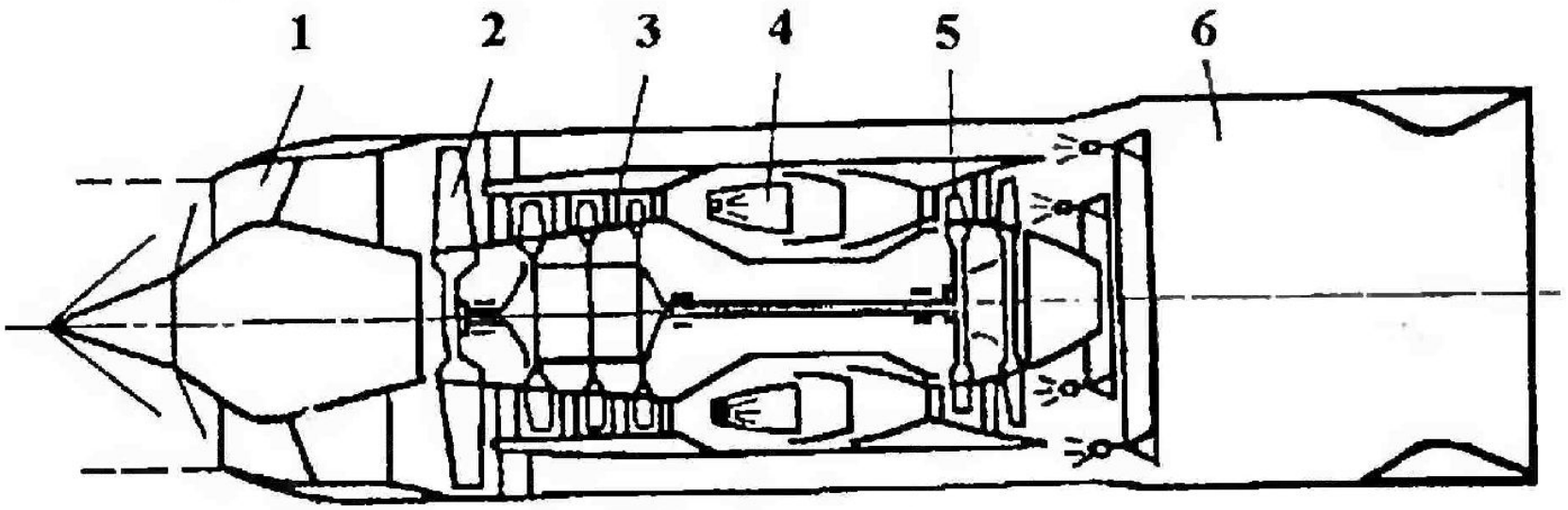
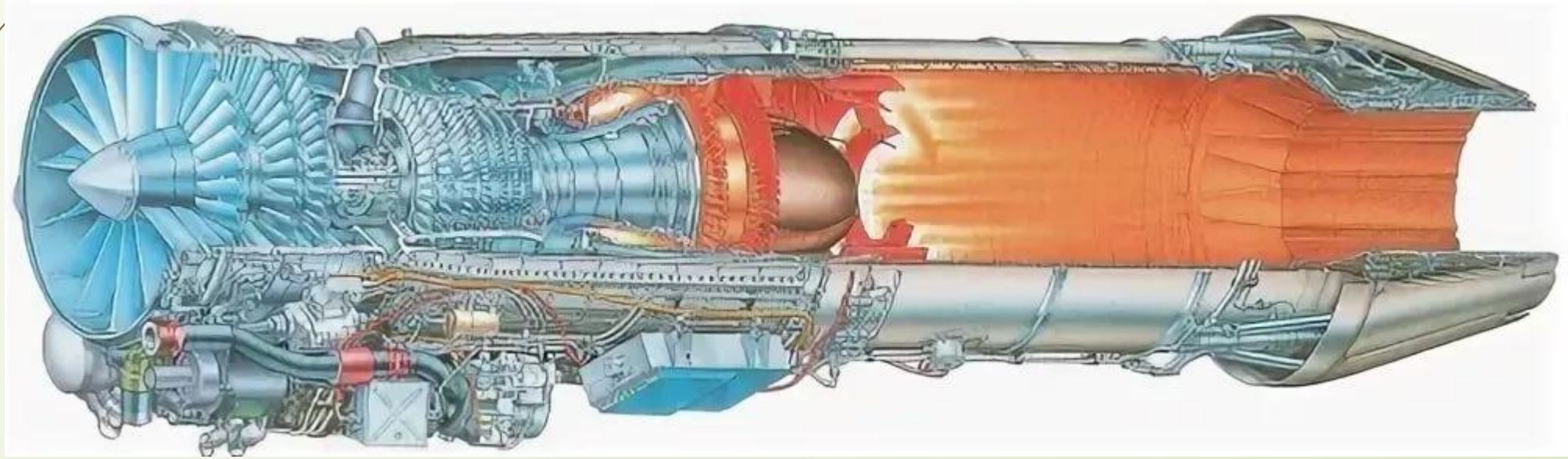


Рис. В.6. Схема ТРДДФ:
1 — воздухозаборник; *2* — вентилятор; *3* — компрессор;
4 — камера сгорания; 5 — турбина;
6 — форсажная камера сгорания

Принцип действия турбореактивного двигателя (ТРДДФ)

- Турбореактивный двигатель с форсажной камерой сгорания (ТРДДФ) (рис. В.3) отличается от ТРДД наличием между турбиной *4* и реактивным соплом 6 форсажной камеры сгорания *5,* которая обеспечивает повышение температуры газа перед соплом и увеличение скорости истечения из него. Соответственно, возрастает и реактивная тяга. ТРДФ используются на самолетах с большой тяговооруженностью и большими максимальными числами М полёта ($M_п$ = 2 ,0...3,5), поэтому они оборудуются сверхзвуковым входным устройством и реактивным соплом с расширяющейся частью после критического сечения (сопло Лаваля)



Турбовинтовой двигатель (ТВД)

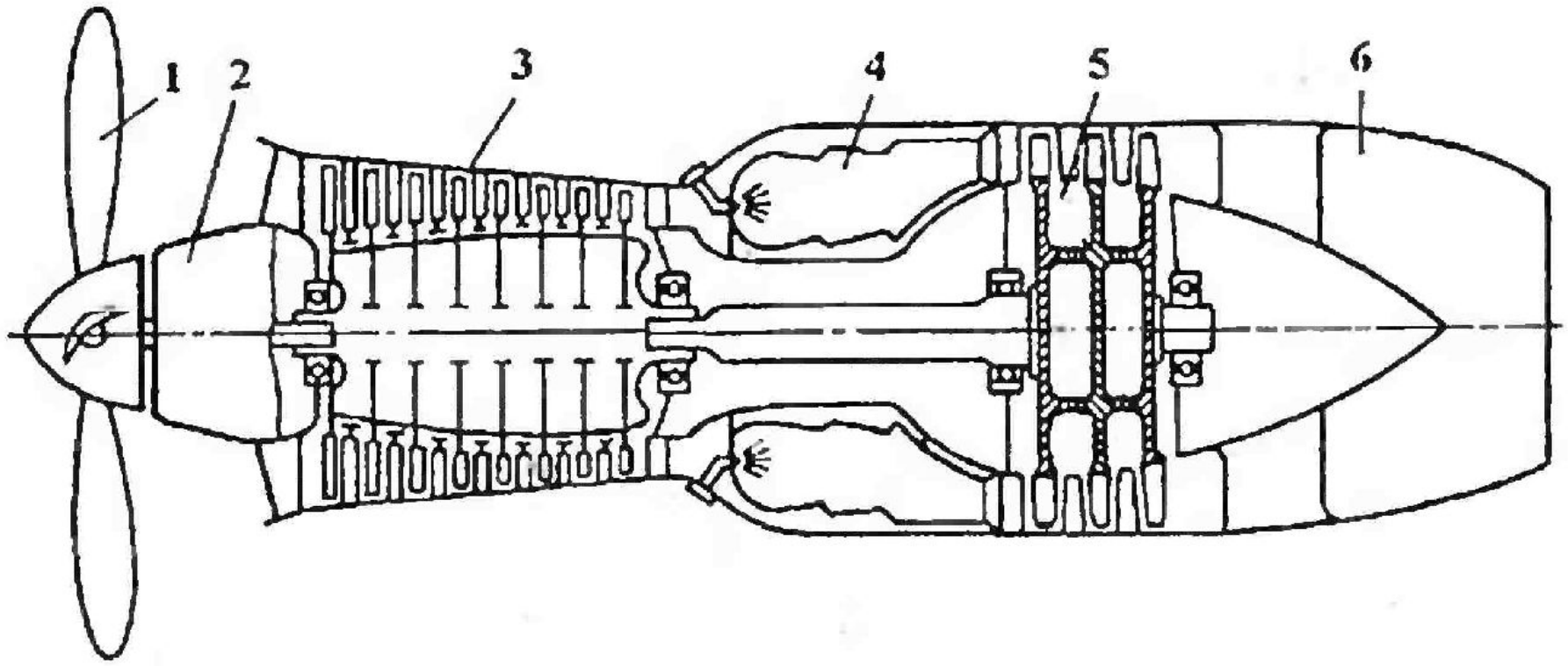
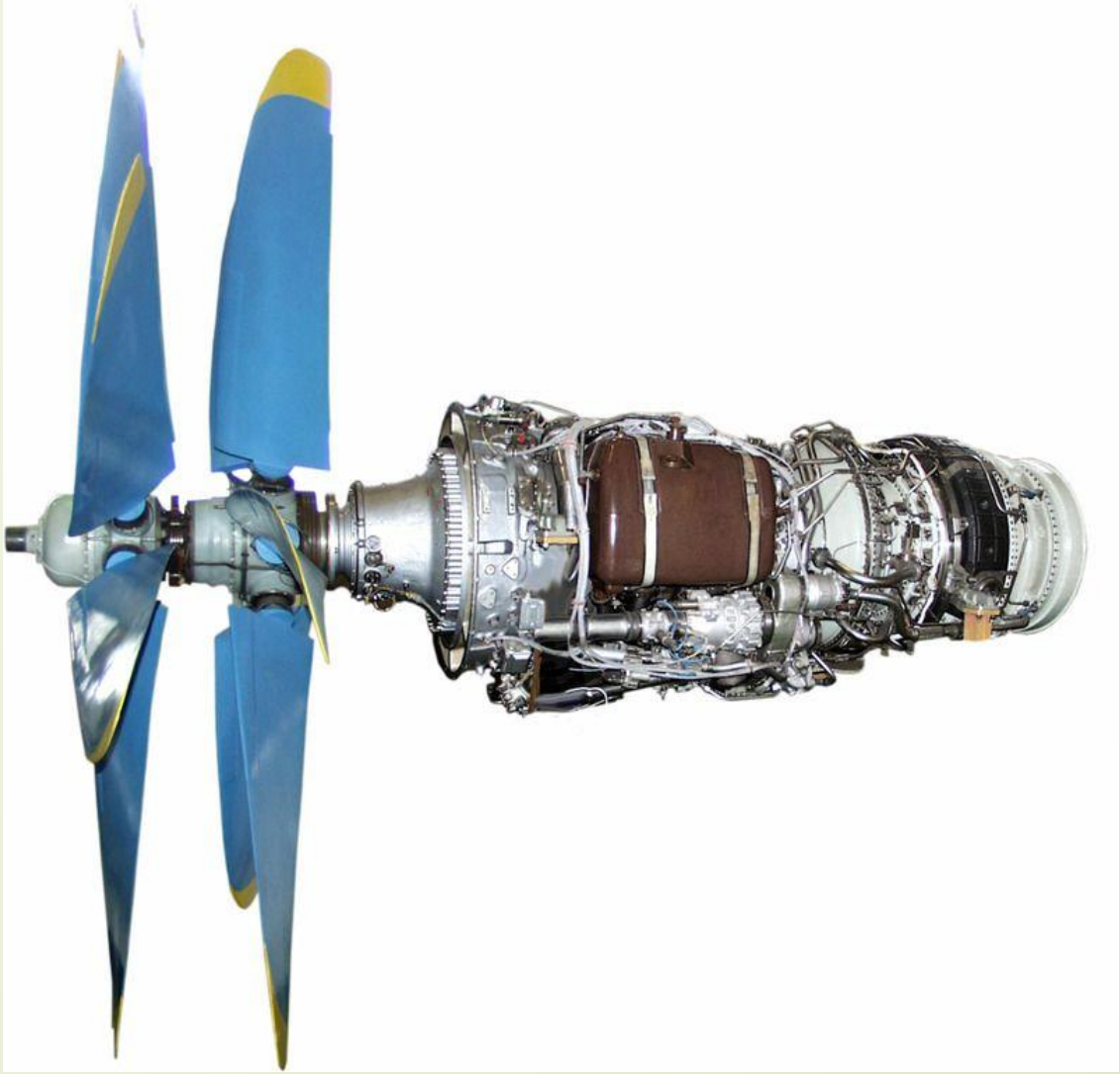


Рис. В.7. Схема ТВД:
1 — винт изменяемого шага; *2* — редуктор; *3* — компрессор; *4* — камера сгорания; *5* — турбина; *6* — реактивное сопло

Принцип действия турбовинтового двигателя (ТВД)

- **Турбовинтовой двигатель** - тип газотурбинного двигателя, в котором основная часть энергии горячих газов используется для привода воздушного винта через понижающий частоту вращения редуктор, и лишь небольшая часть энергии преобразуется через реактивную тягу двигателя. Наличие понижающего редуктора обусловлено необходимостью преобразования мощности: турбина — высокооборотный агрегат с малым крутящим моментом, в то время как для вала воздушного винта требуются относительно малые обороты, но большой крутящий момент.

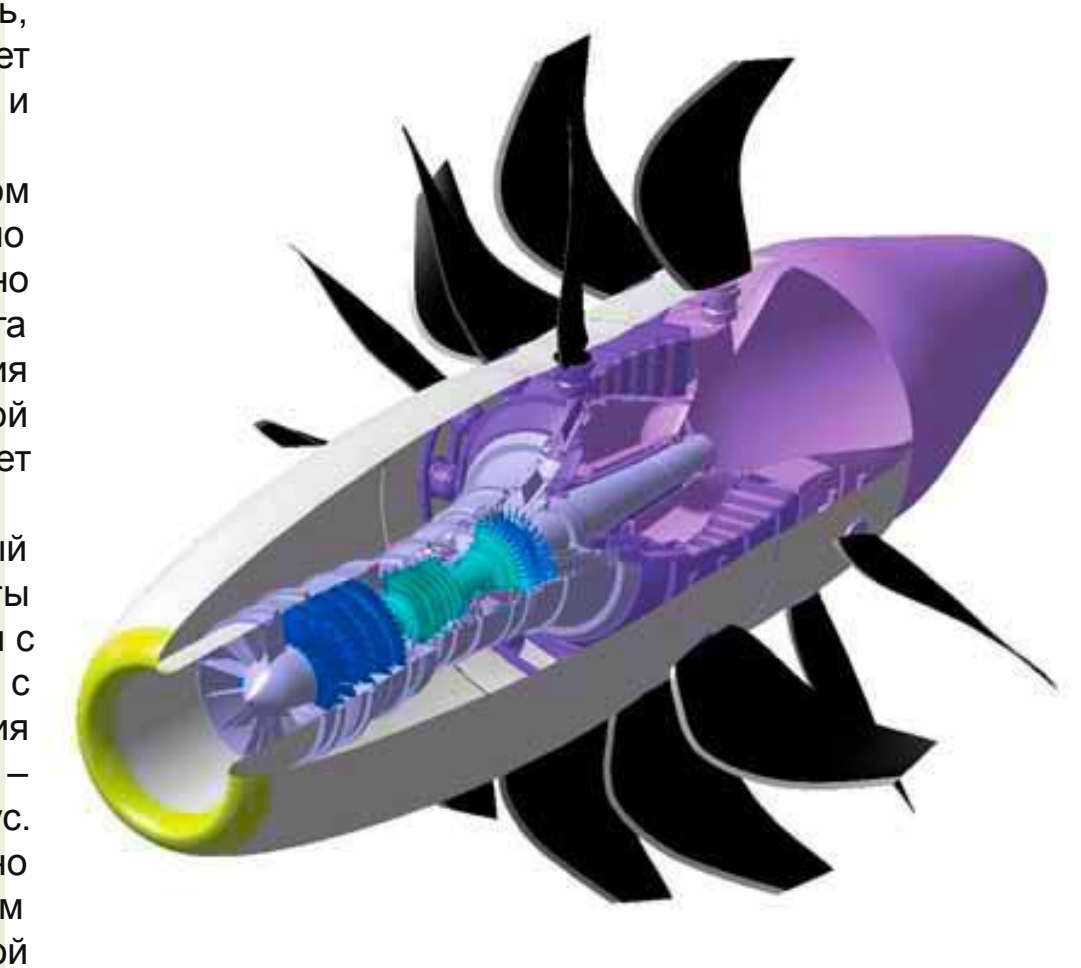


Турбовинто-вентиляторный двигатель (ТВВД)

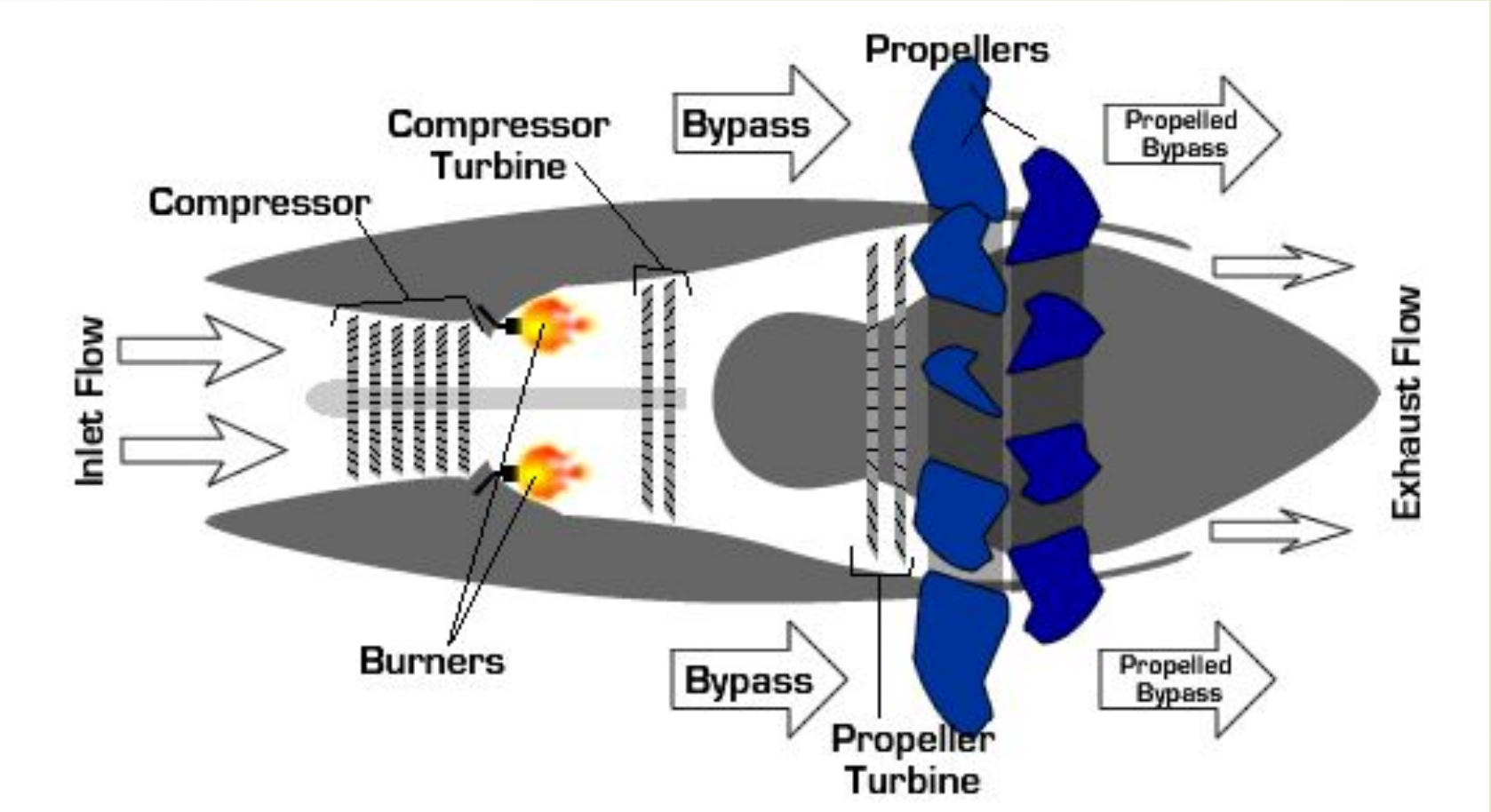
Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) – это двигатель, с высокой степенью двухконтурности (от 20 до 90) сочетает преимущества использования воздушного винта и вентилятора.

Как известно, ТВД является наиболее экономичным типом моторов, использование которого позволяет значительно сократить расходы на топливо, но при этом он довольно шумный и не может развивать сверхзвуковые скорости. Тяга в ТВД образуется преимущественно за счет вращения лопастей воздушного винта, имеющего довольно большой диаметр, а реактивная ее составляющая не превышает 10-20%.

В свою очередь, ТВРД представляет собой реактивный двухконтурный двигатель, конструкция и принцип работы которого позволяют уменьшить расход топлива в сравнении с обычными турбореактивными двигателями. Самолеты с ТВРД могут развивать сверхзвуковые скорости, а экономия топлива обеспечивается наличием второго контура – кольцевого канала, опоясывающего внутренний корпус. Вентилятор в таком двигателе не создает непосредственно тягу, как воздушный винт, а является, по сути, компрессором низкого давления, нагнетающим воздух в первый и второй контур.



Принцип действия турбовинтовентиляторного двигателя (ТВВД)



Принцип действия турбовинтовентиляторного двигателя (ТВВД)

После сжатия в компрессоре воздушный поток под давлением поступает в камеру сгорания, где находятся топливные форсунки и воспламенители. Сама камера сгорания может быть кольцевой или же состоять из нескольких отдельных жаровых труб. В ней воздух перемешивается с впрыснутым через форсунки топливом, образуя топливный заряд, который воспламеняется и сгорает, образуя расширенные газы.

Продукты горения в виде газов, находящихся под высоким давлением, выходят из камеры сгорания и попадают на лопасти турбины. Турбина, как и компрессор, имеет неподвижные и подвижные лопатки, только устанавливаются они наоборот: сначала газы проходят через неподвижные лопасти, выравнивая свое направление, а затем попадают на подвижные, отдавая им часть своей энергии. За счет воздействия газов на лопатки турбина вращается, приводя в движение компрессор, закрепленный с ней на одном валу. Как и компрессор, турбина состоит из нескольких ступеней, но их количество не превышает 5-ти.

В турбовинтовентиляторном двигателе кроме основной турбины есть еще одна, вращающая винтовентилятор, и эти турбины работают независимо одна от другой. Вал привода вентилятора обычно размещается внутри вала привода компрессора, при расположении винтовентилятора в передней части двигателя. Если винтовентилятор располагается в задней части ТВВД, то свободная турбина связана напрямую с винтами через корпус, что упрощает конструкцию. Турбина винтовентилятора размещена за основной турбиной и приводится в движение все теми же газами.

После прохождения турбин отработанные газы, все еще имеющие высокую скорость и температуру, выходят наружу через сопло, образуя реактивную тягу. Сопло в самом простом исполнении – это сужающаяся труба, но в некоторых случаях можно регулировать ее сечение и даже направленность выхода реактивного потока.

Турбовальный двигатель (ТВаД)

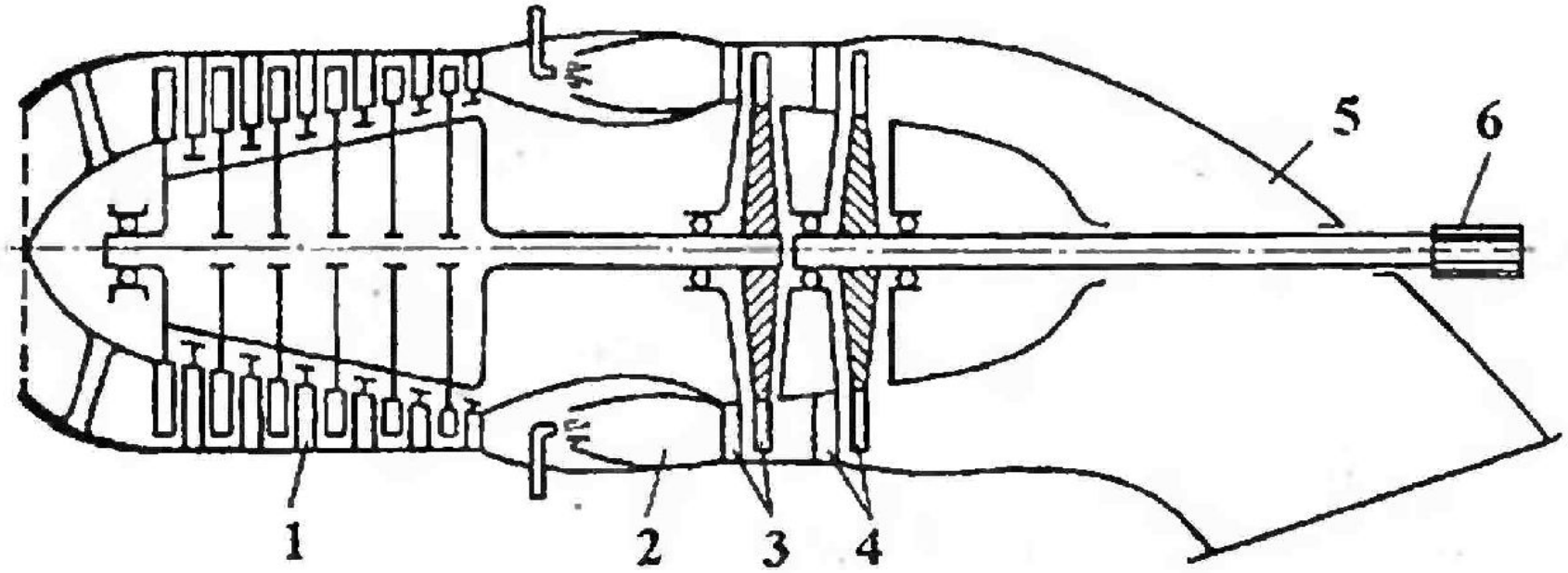


Рис. В.8. Схема турбовального двигателя:
1 — компрессор; *2* — камера сгорания; *3* — турбина компрессора; *4* — свободная турбина; *5* — выходной патрубок; *6* — вал свободной турбины