

ФОРСИРОВНИЕ ДВС - НАДДУВ

Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др.

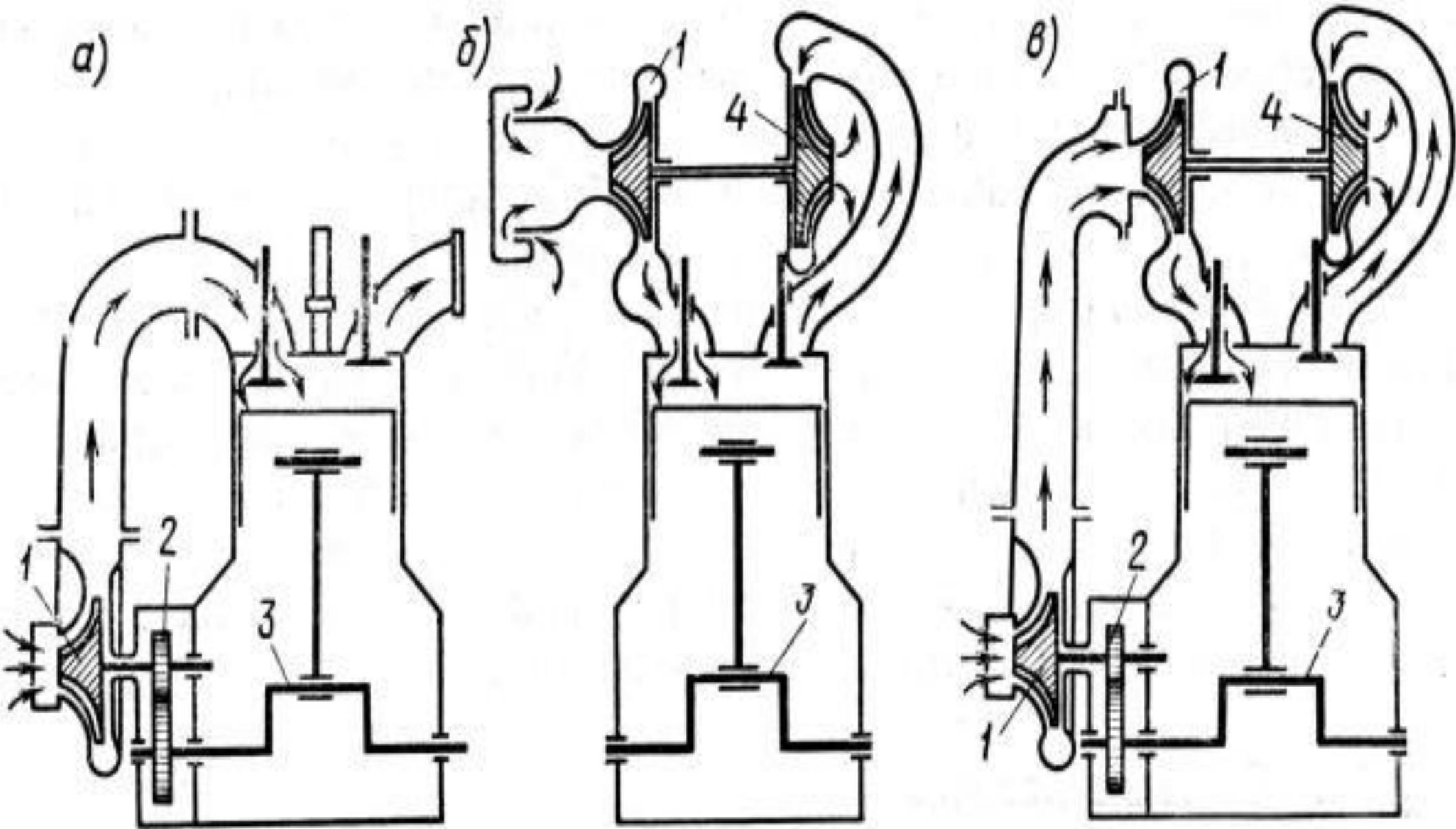
И20 Основы конструкции автомобиля. — М. 000 «Книжное издательство
«За рулем», 2005. — 336 с: ил.

<http://avto-blogger.ru/dv/что-такое-двигатель-tsi.html>

<http://avto-i-avto.ru/tyuning-avto/kompressor-ili-turbina-dlya-avtomobilya.html>



В ДВС применяют **механический наддув**, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и *турбонаддув*, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов.



Одним из способов повышения мощности двигателя внутреннего сгорания является увеличение количества поступающего в цилиндры воздуха. Подача в двигатель воздуха при положительном давлении называется наддувом

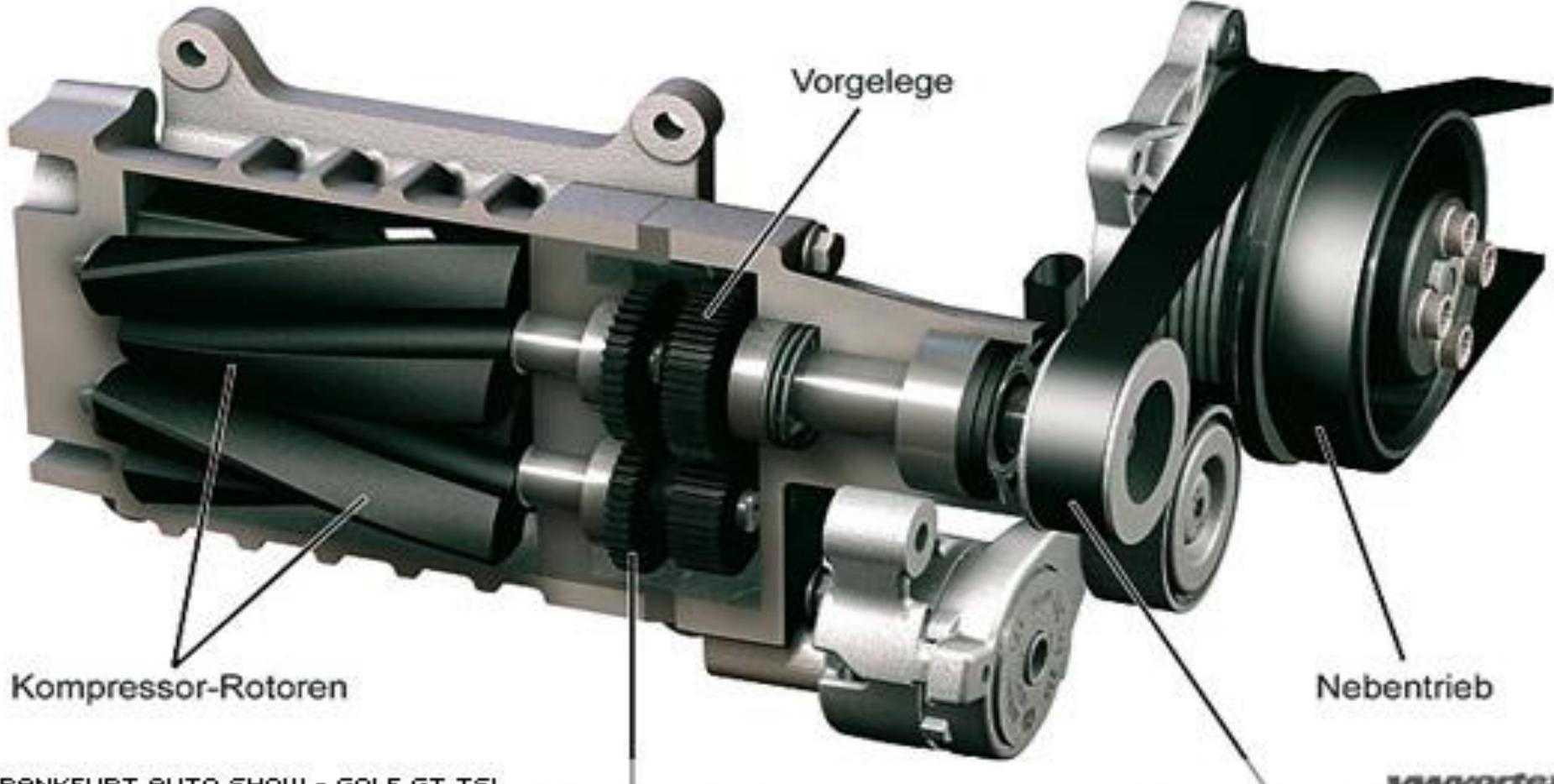


В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод,



В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод

Übersetzung Kurbelwelle zu Wasserpumpe:	i_1	= 0,75
Übersetzung Wasserpumpe zu Kompressor:	i_2	= 0,52
Übersetzung Kompressorvorgelege:	i_3	= 0,52
Gesamtübersetzung:	i_{ges}	= 0,20



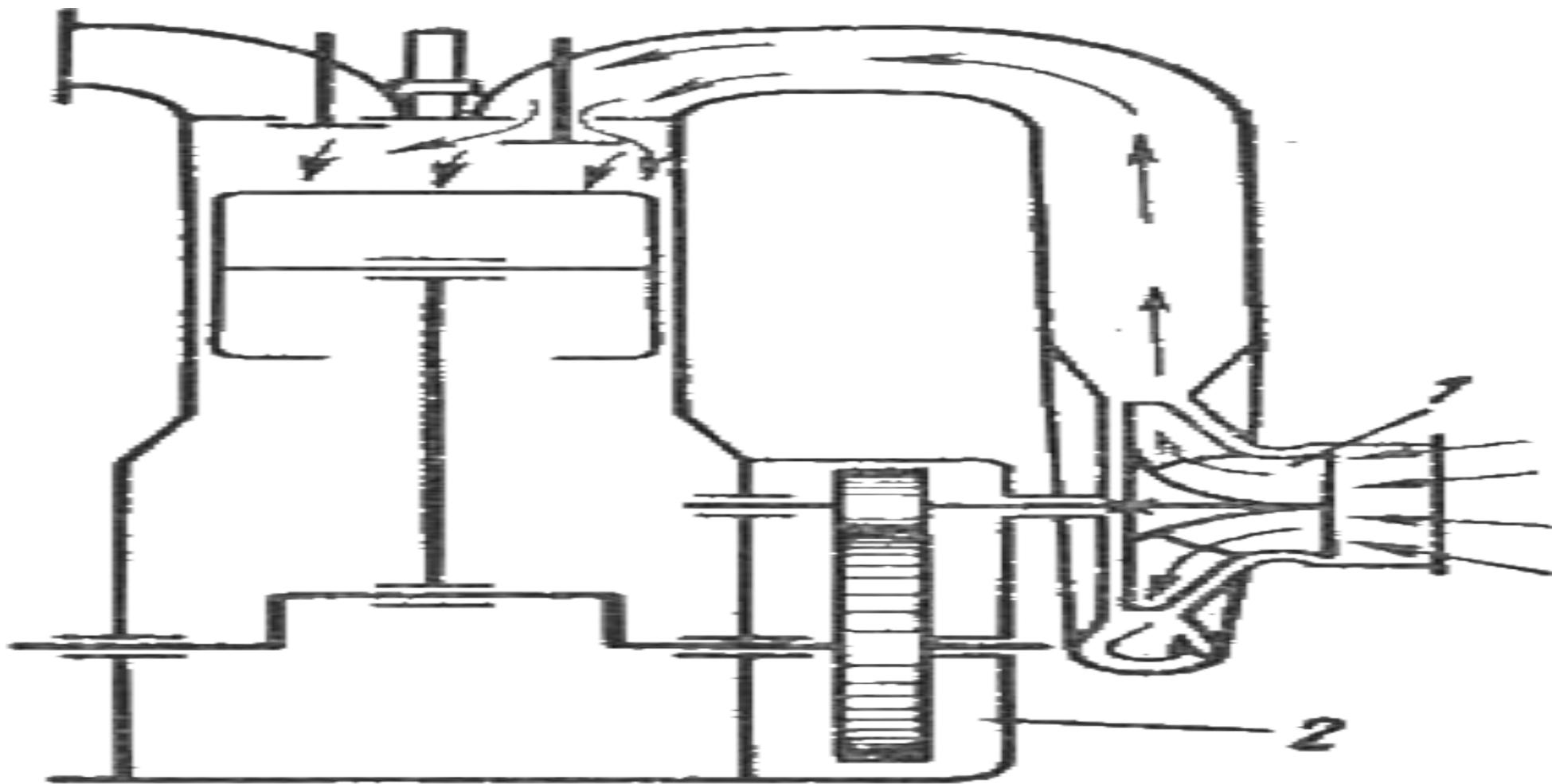
В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод



В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод

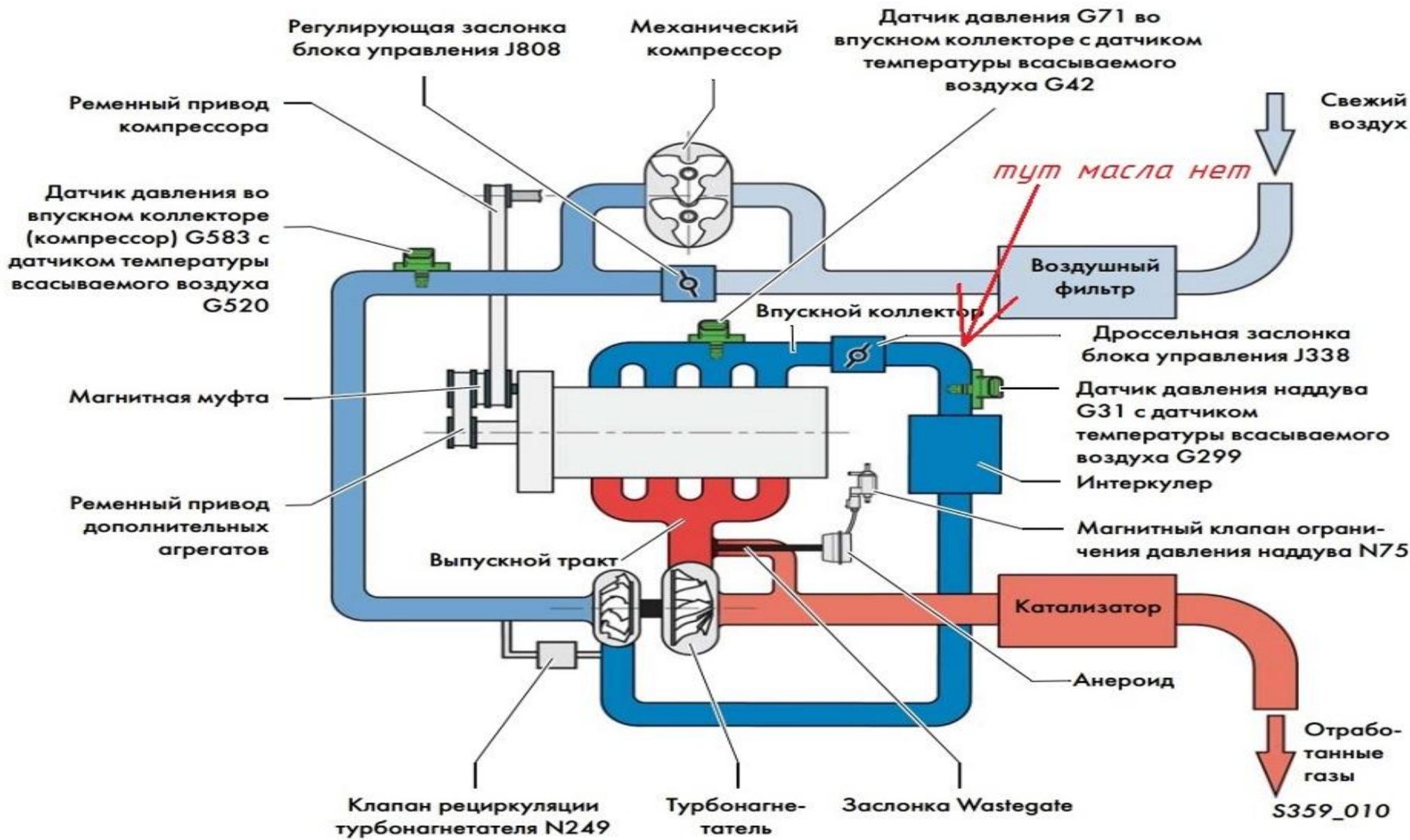


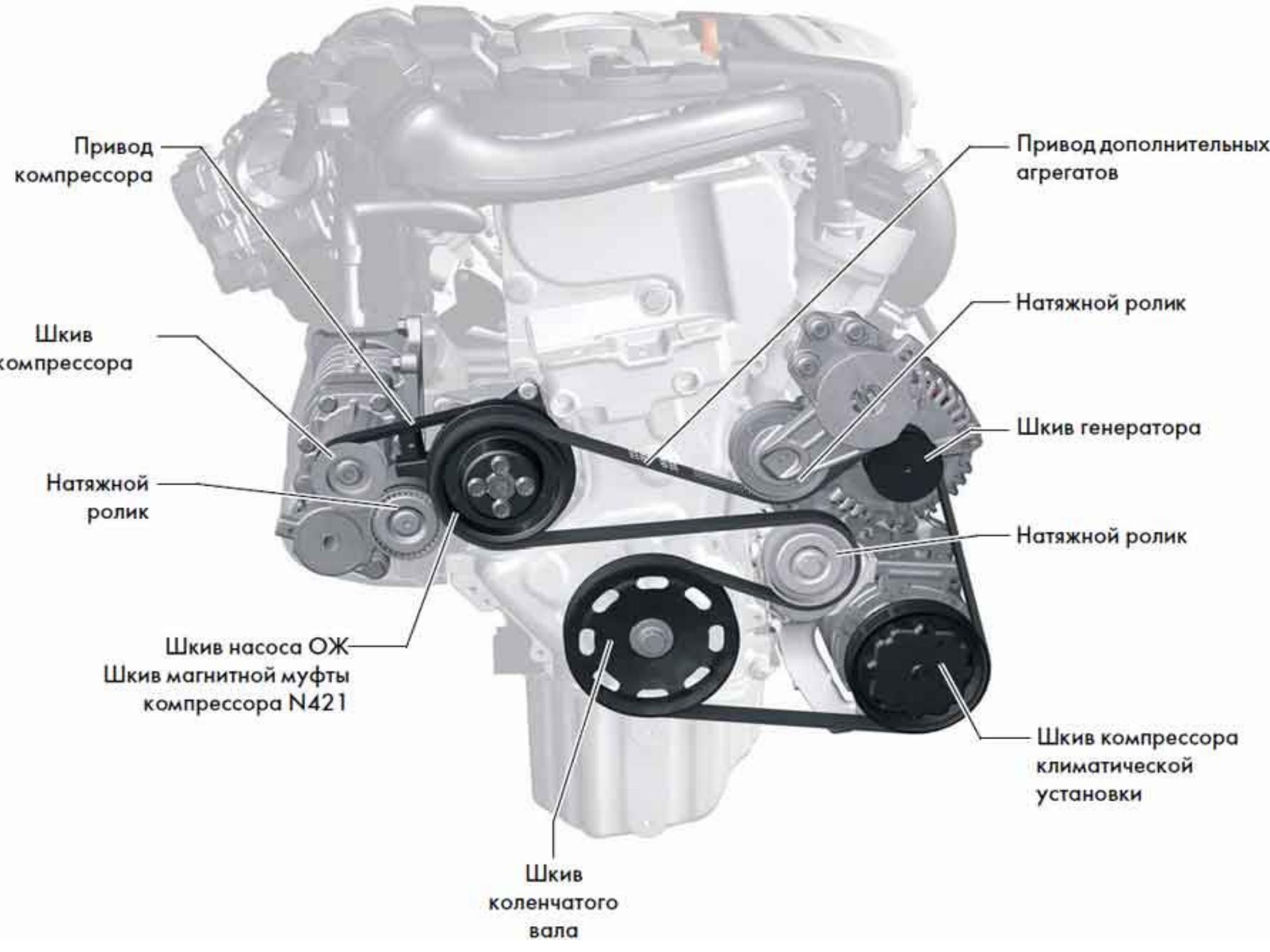
В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод



Фиг. 76. Схема наддува с механическим приводом:
1 — центробежный нагнетатель; 2 — зубчатая передача.

В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод





Привод компрессора

Привод дополнительных агрегатов

Шкив компрессора

Натяжной ролик

Натяжной ролик

Шкив генератора

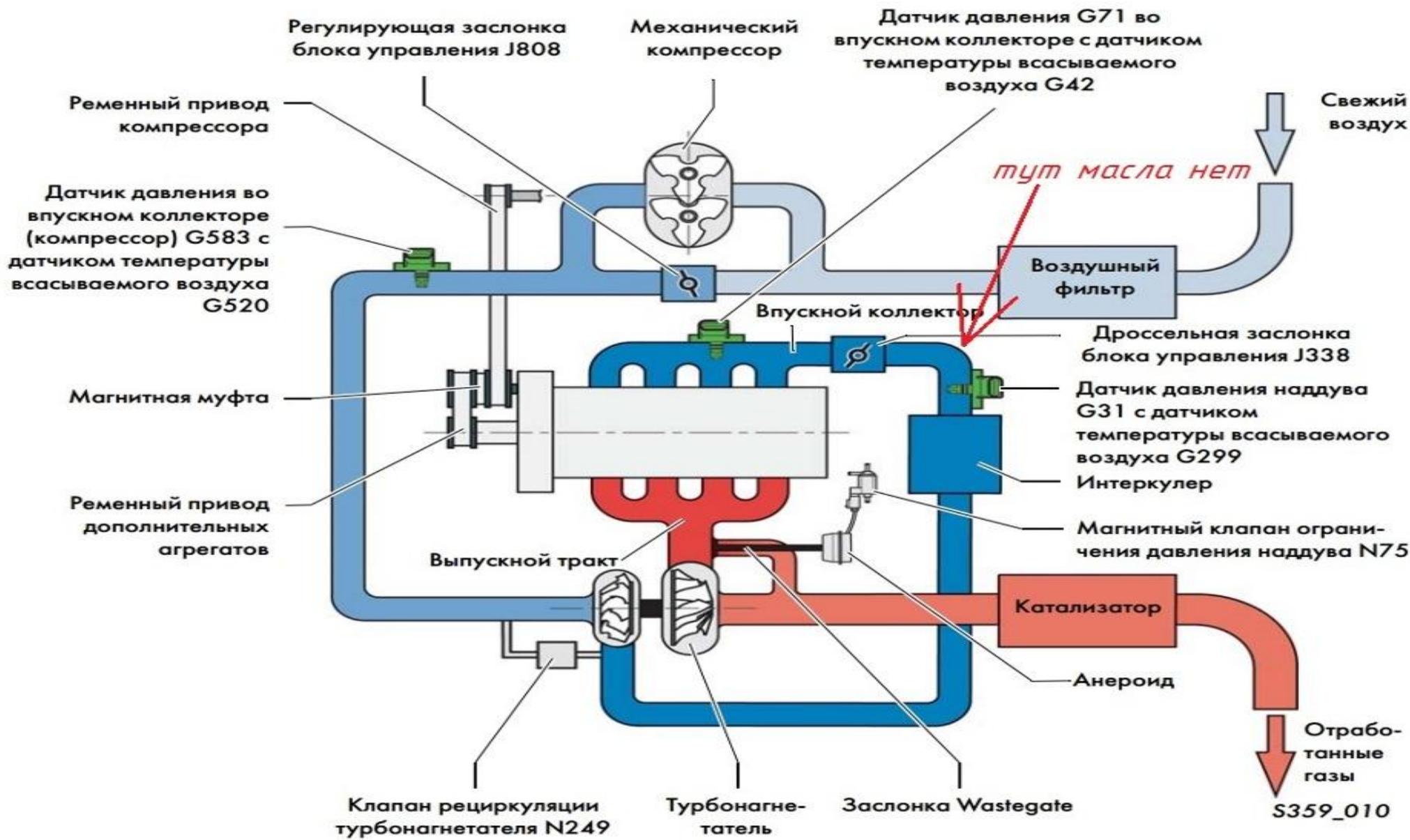
Натяжной ролик

Шкив насоса ОЖ
Шкив магнитной муфты компрессора N421

Шкив компрессора климатической установки

Шкив коленчатого вала

В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и турбонаддув, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов



В ДВС применяют механический наддув, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и турбонаддув, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов

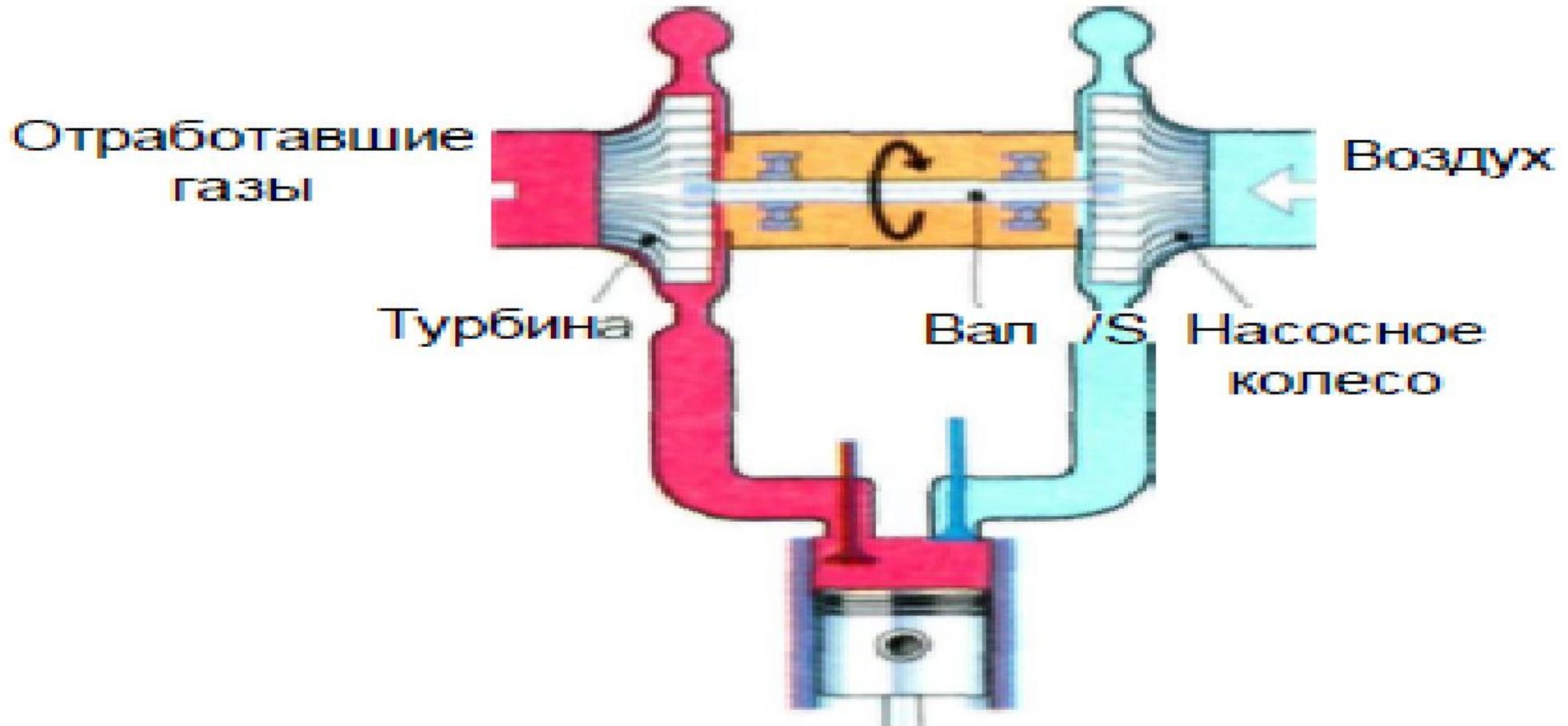


Рис. 2.103. Схема работы турбокомпрессора

Турбина работает за счёт энергии отработавших газов

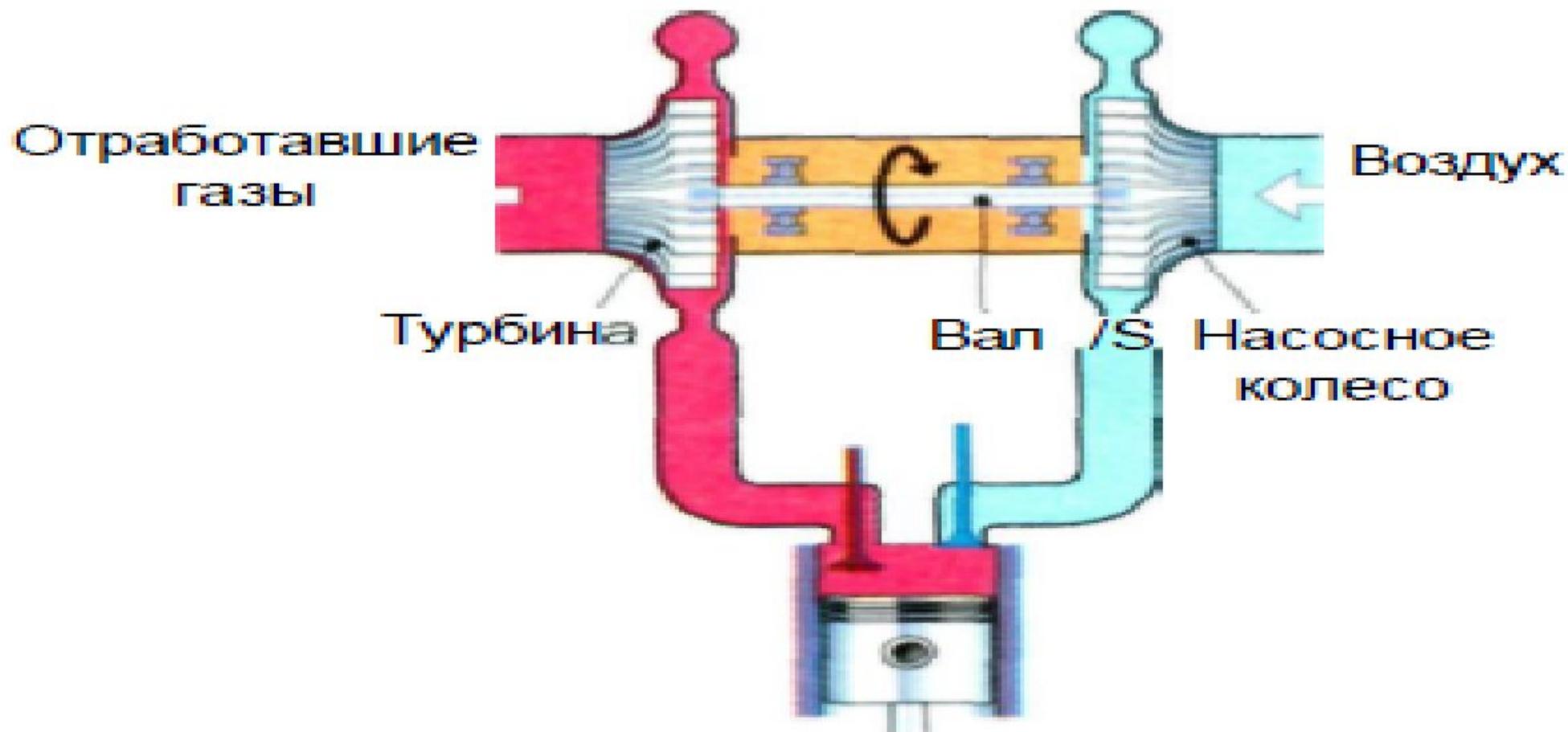


Рис. 2.103. Схема работы турбокомпрессора

Турбокомпрессор — это комбинирование турбины и центробежного компрессора

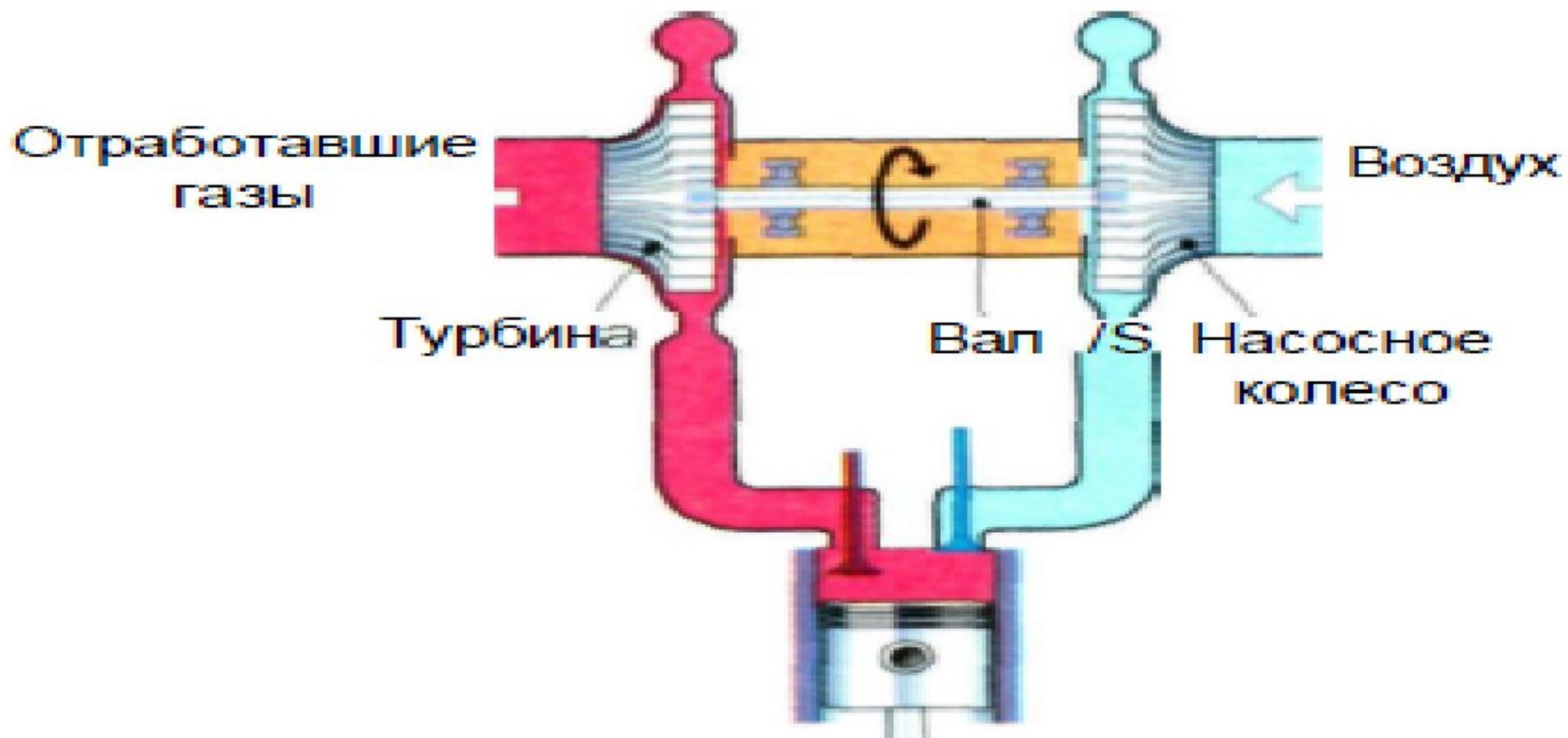


Рис. 2.103. Схема работы турбокомпрессора

В турбокомпрессоре используются центробежные насосы. Под действием центробежных сил, вызванных вращением колеса с лопатками, воздух отбрасывается к периферии колеса, а в его центре создается разрежение, что обеспечивает всасывание воздуха

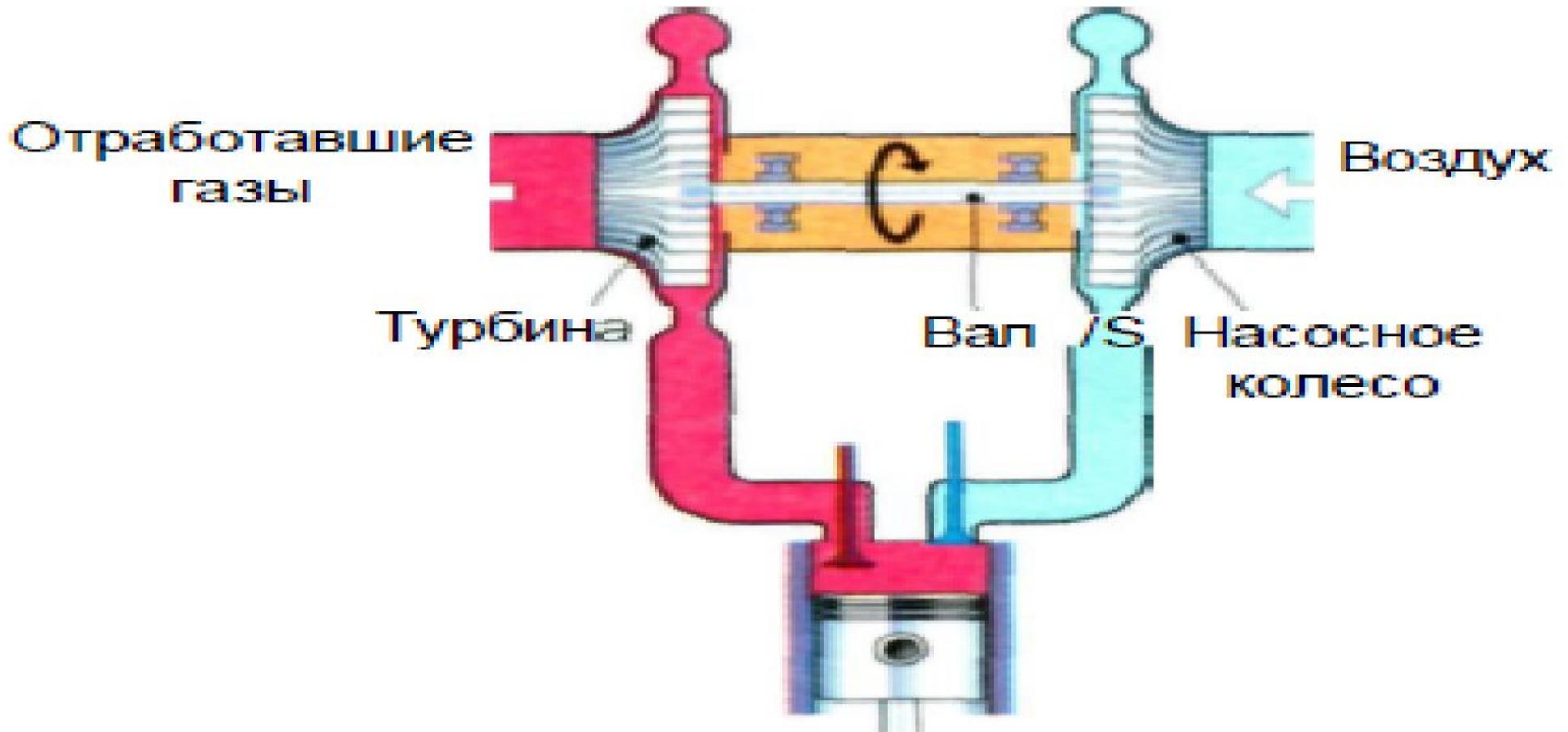
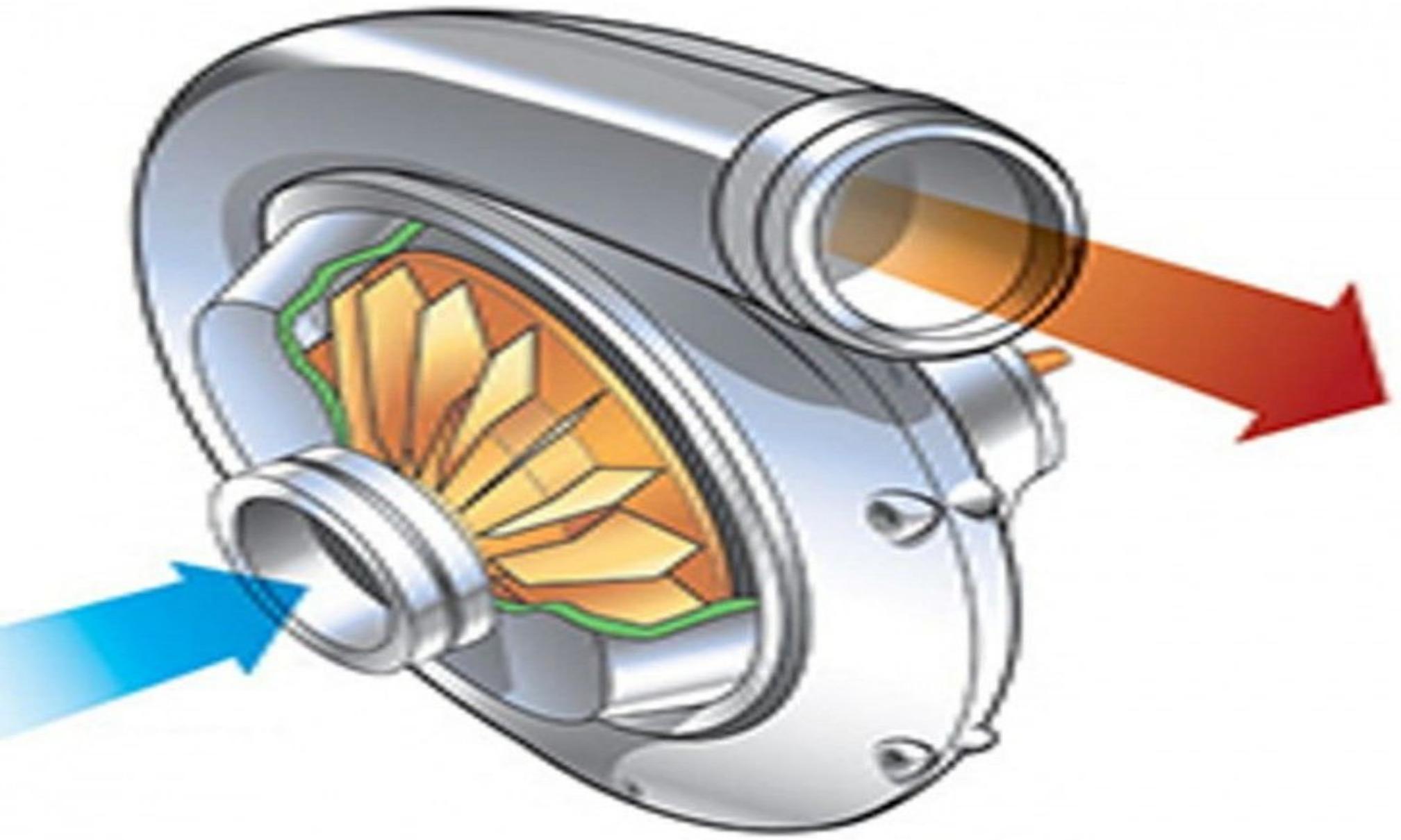
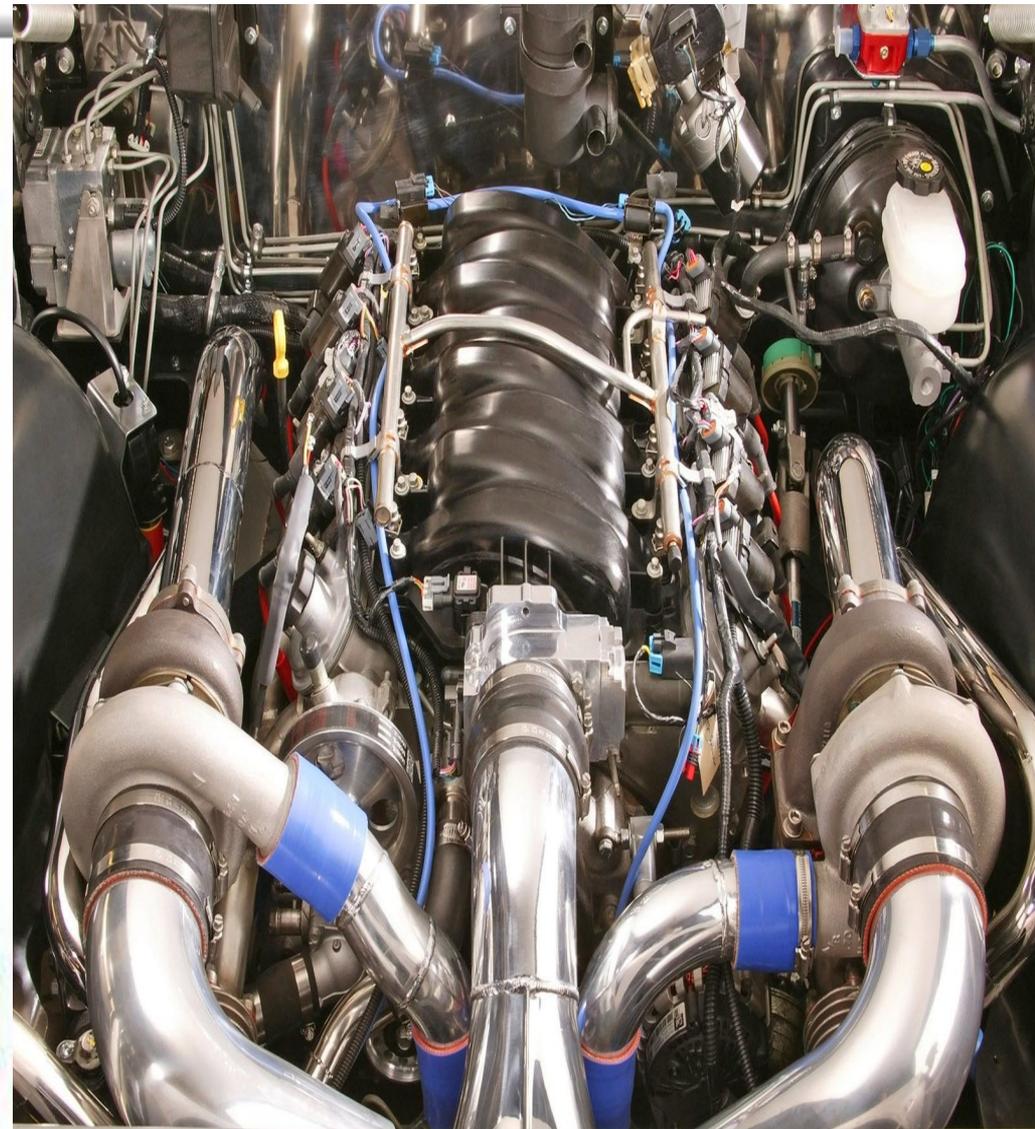
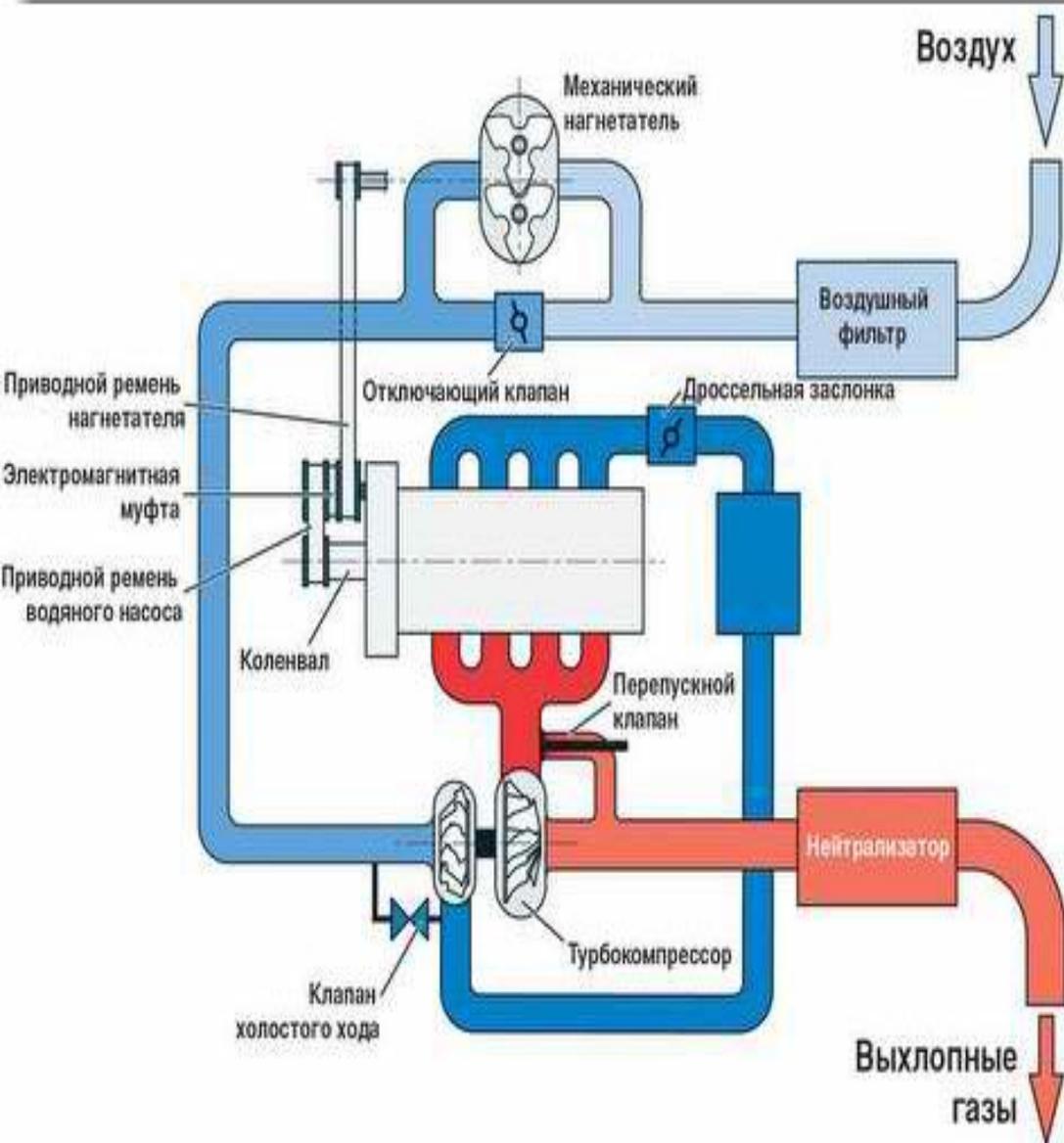


Рис. 2.103. Схема работы турбокомпрессора

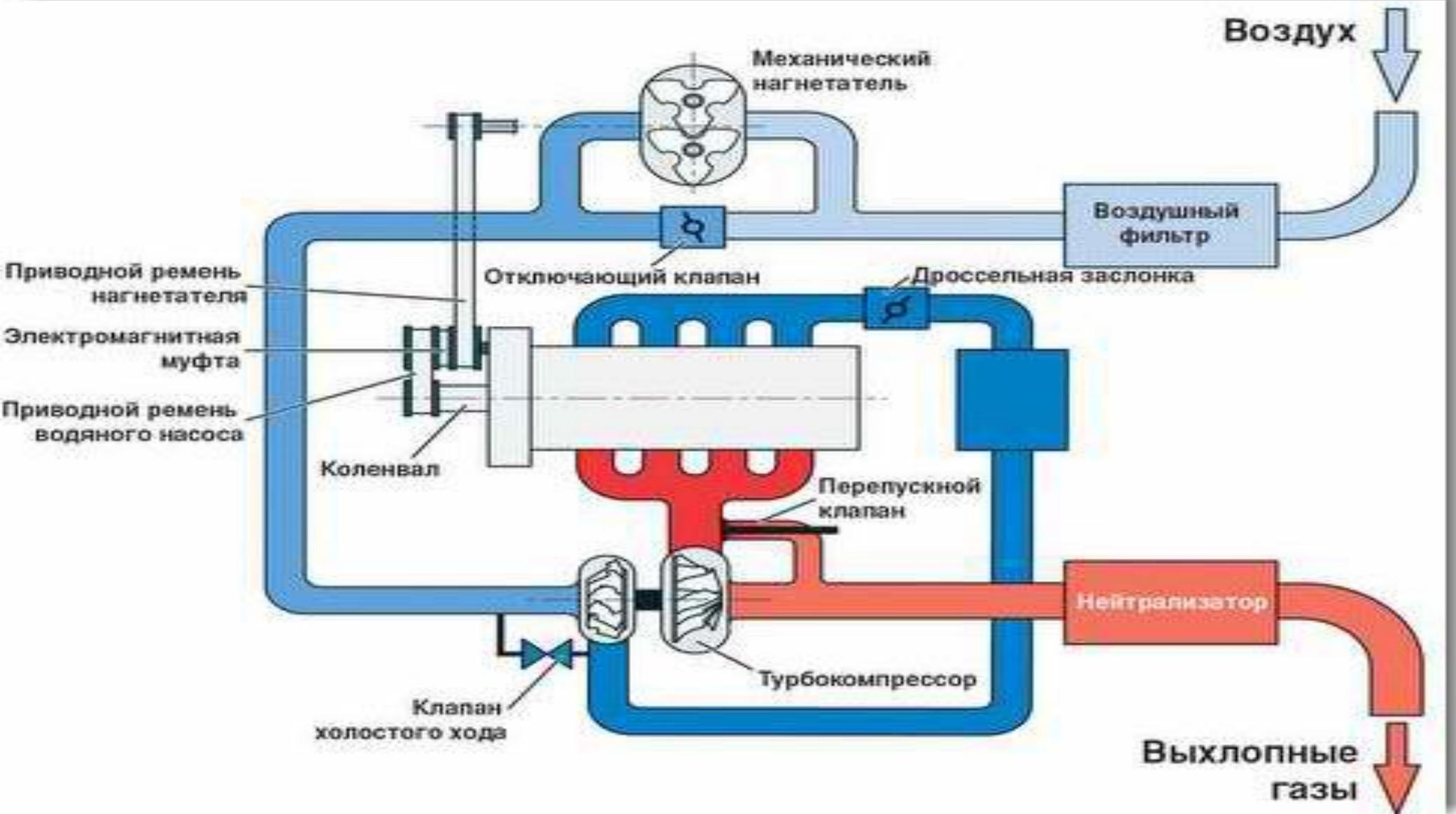
В турбокомпрессоре используются центробежные насосы. Под действием центробежных сил, вызванных вращением колеса с лопатками, воздух отбрасывается к периферии колеса, а в его центре создается разрежение, что обеспечивает всасывание воздуха



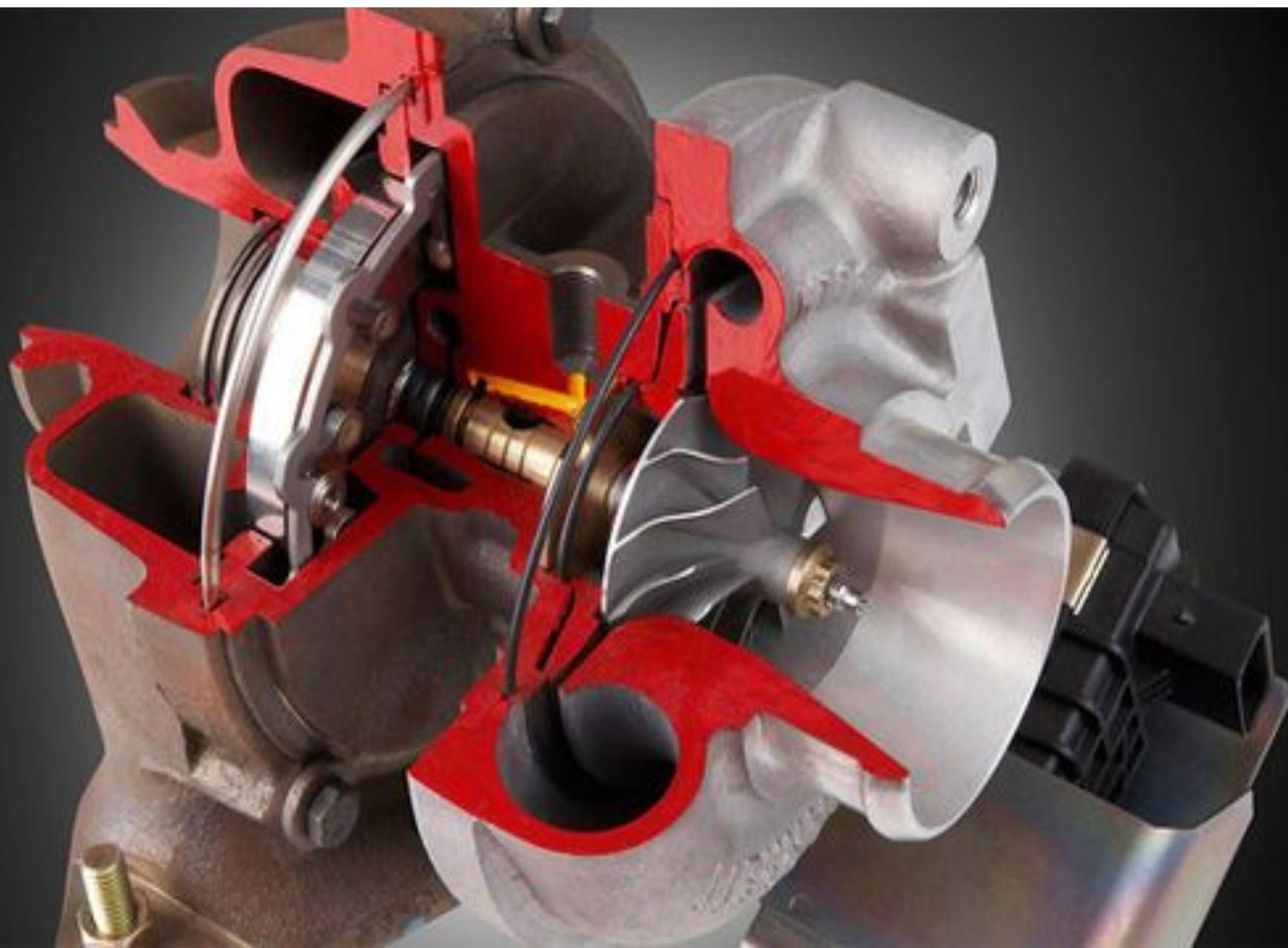
Для эффективной работы турбокомпрессора частота вращения колеса компрессора должна быть очень высокой
не менее 50-100 тыс. мин-1



При работе ДВС из выпускного трубопровода под давлением выбрасываются продукты сгорания, которые имеют высокую температуру



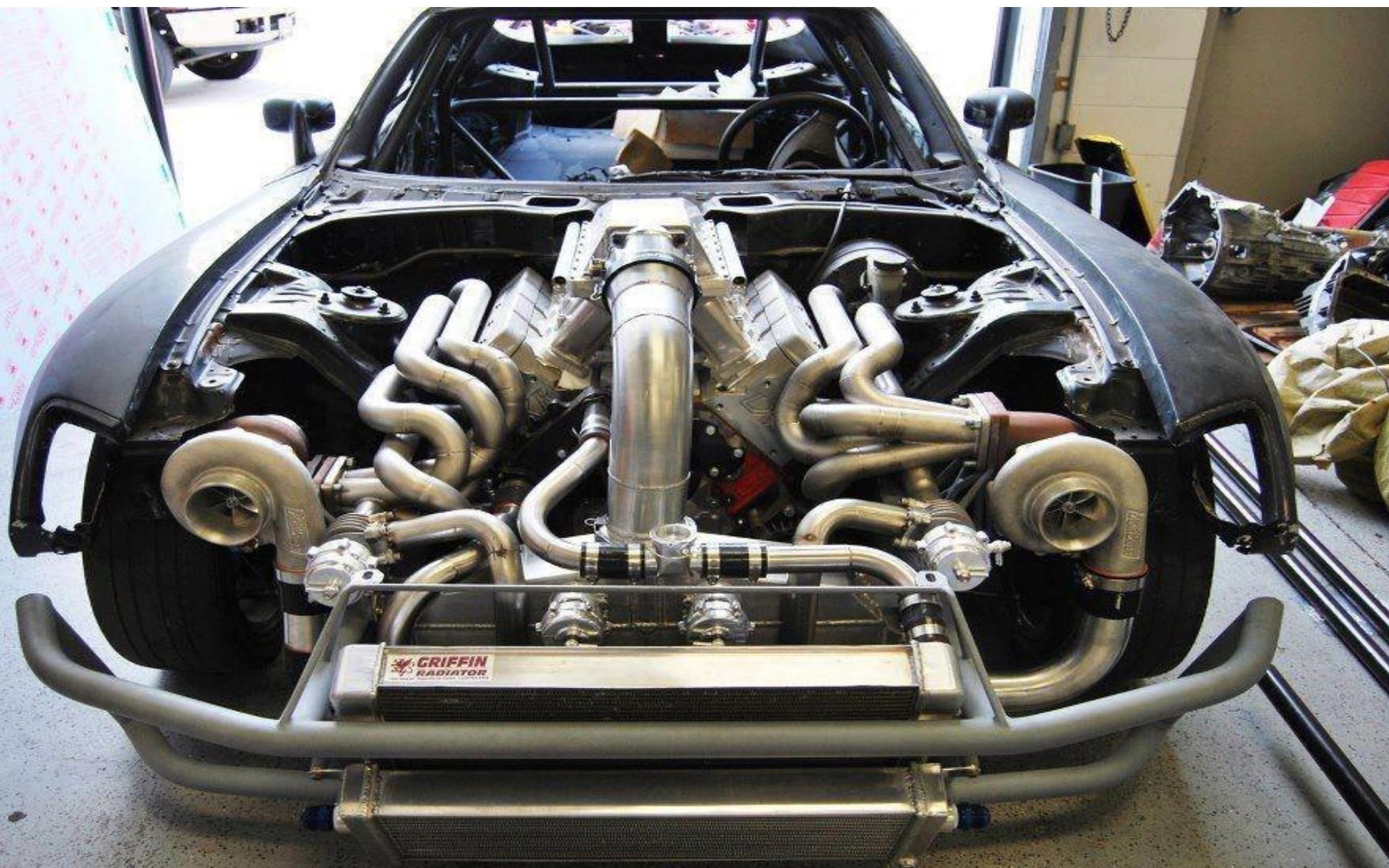
Поток газов приводит во вращение колесо турбины, которое передается закреплённому на общем вале колесу компрессора



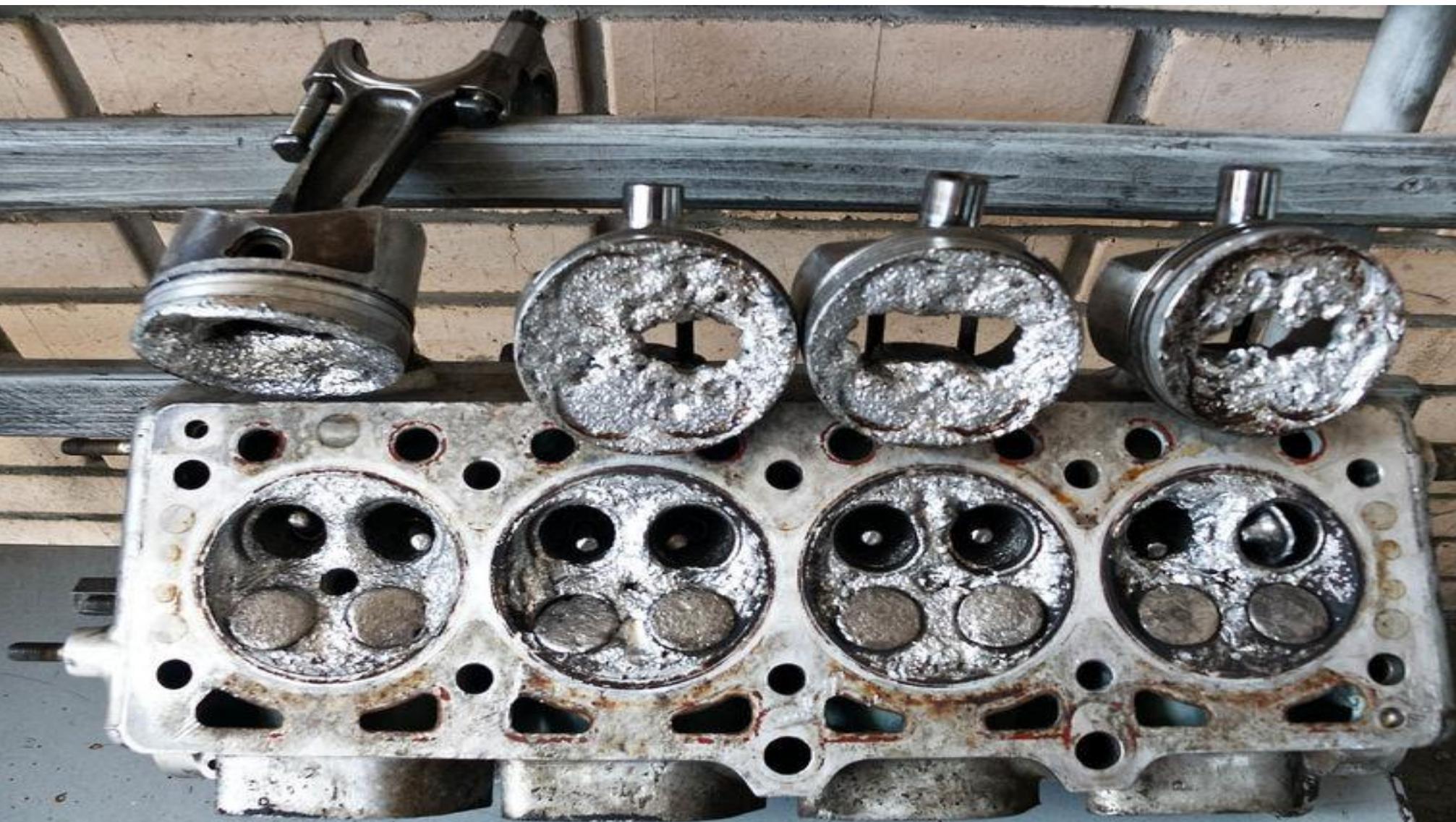
Для достижения фазы наддува, т. е. момента, когда давление воздуха на впуске превысит атмосферное, необходимо, чтобы была достигнута определенная частота вращения турбины (не менее 60 000 мин-1)



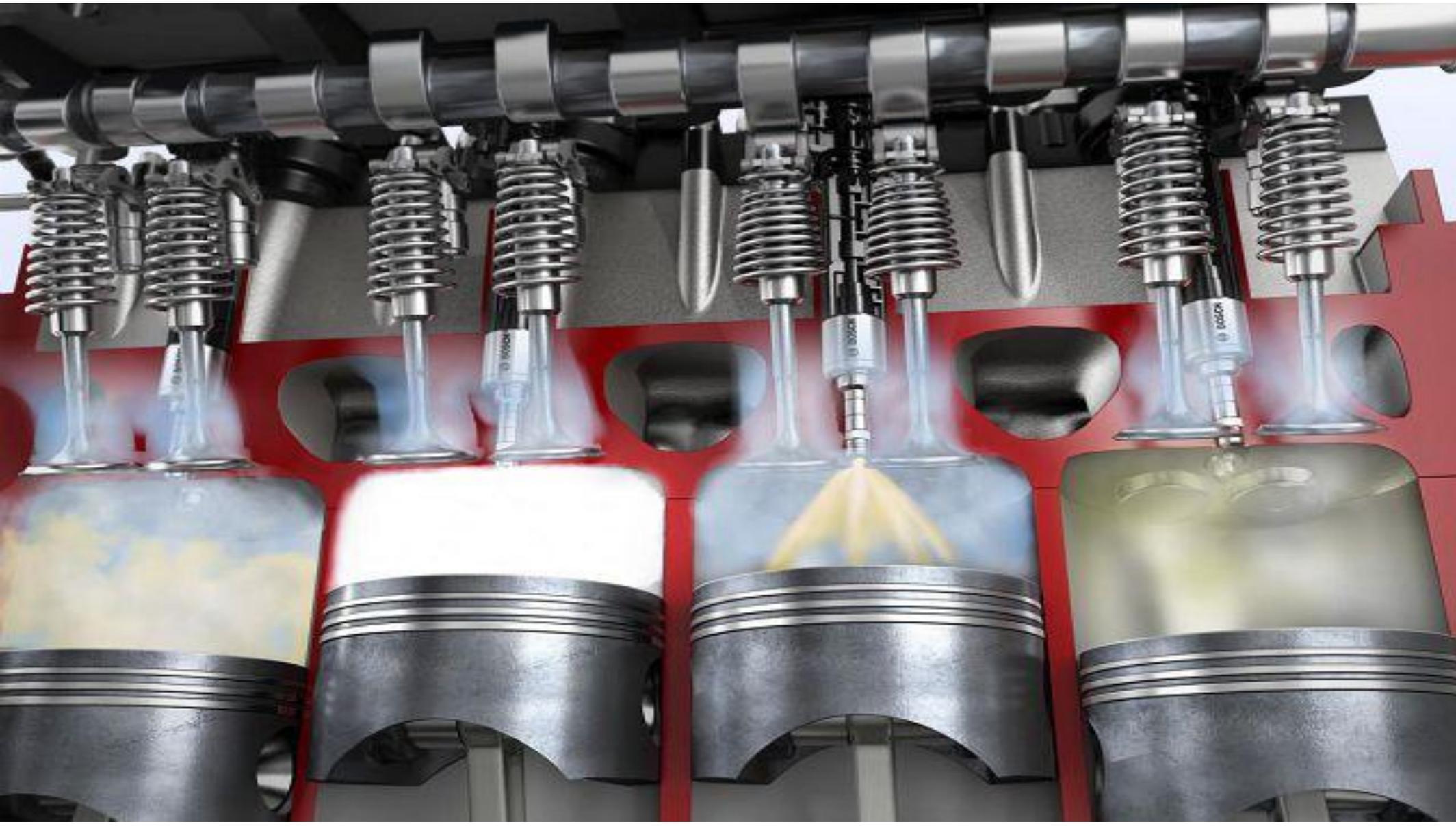
При малых оборотах двигателя турбокомпрессор работает в дежурном режиме (частота 5 000-10 000 мин⁻¹). Необходимо учитывать, что наличие турбины в выпускном тракте создает сопротивление выходу отработавших газов



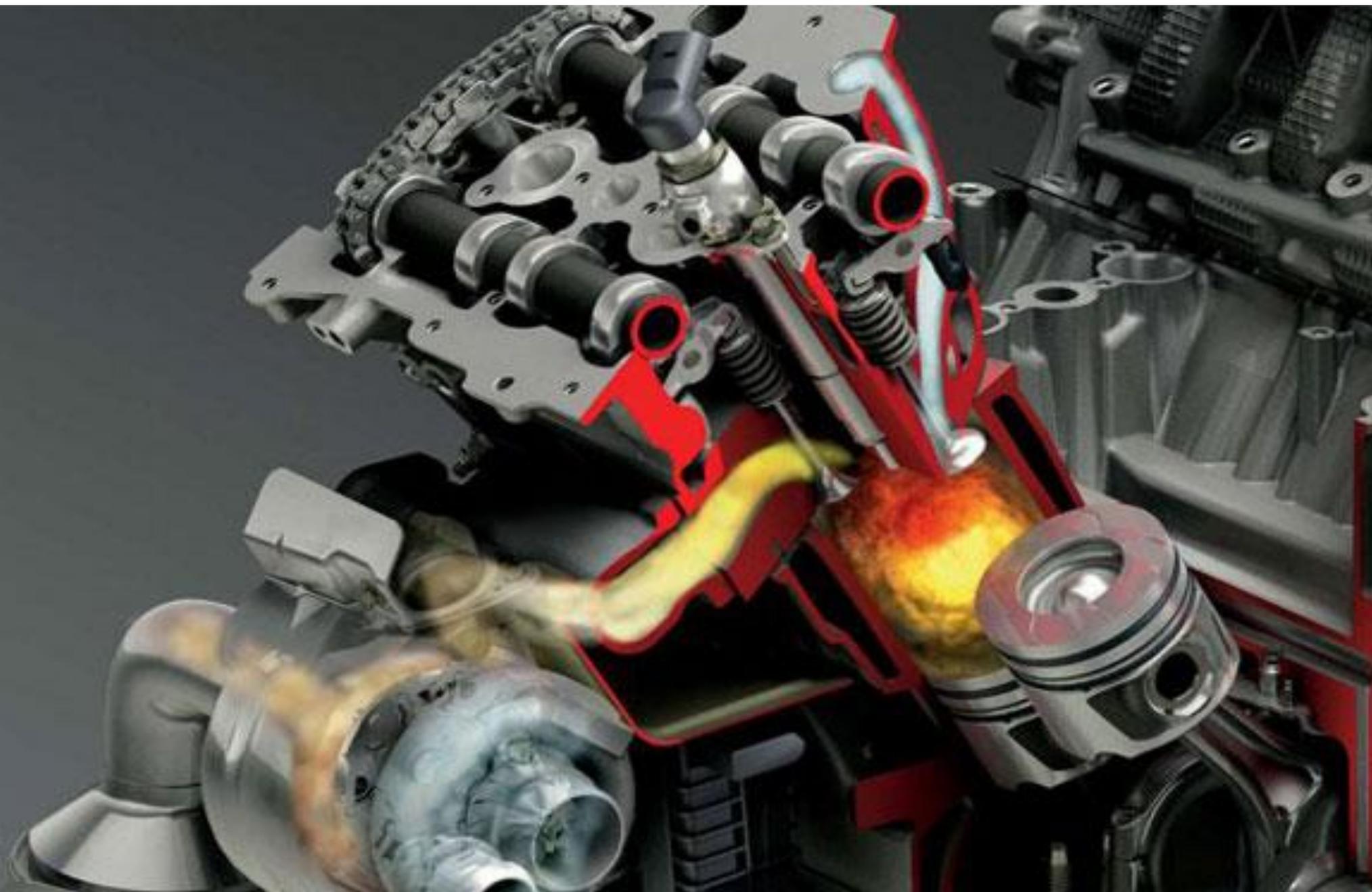
Существует две проблемы, связанные с наддувом двигателей. Первая заключается в том, что давление наддува увеличивает степень сжатия двигателя и увеличивает склонность двигателя к детонации.



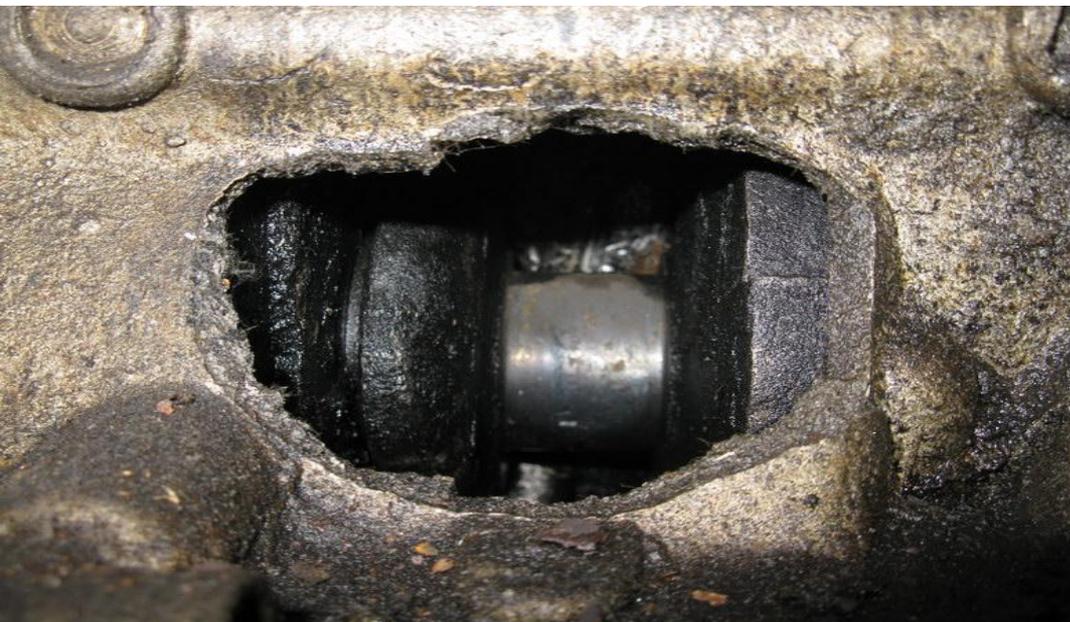
Вторая проблема связана с тем, что чем больше частота вращения коленчатого вала, тем больше образуется отработавших газов и тем быстрее вращается компрессор, увеличивая количество воздуха, поступающего в цилиндры



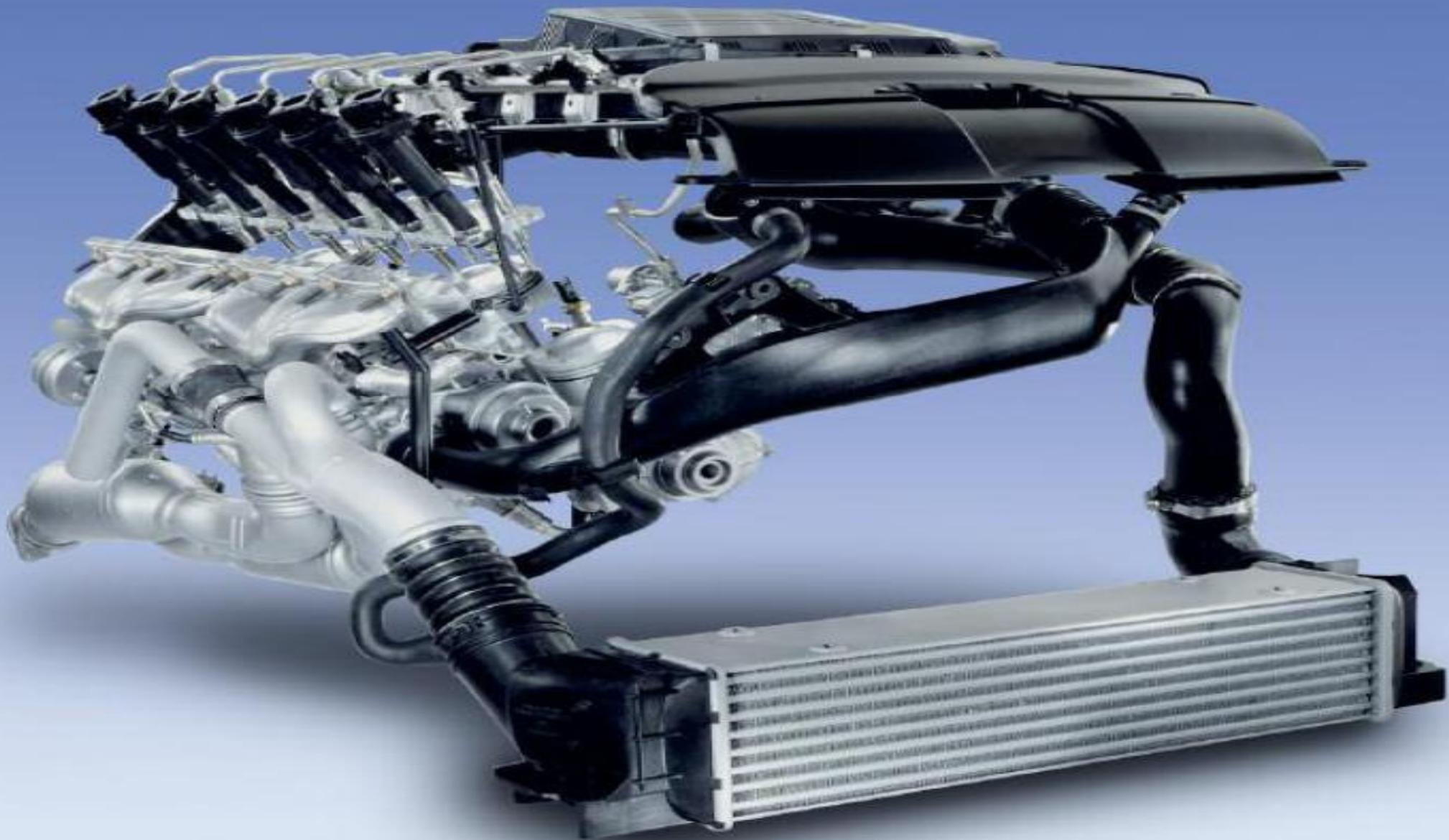
Это приводит к увеличению мощности двигателя и одновременному увеличению количества отработавших газов с последующим ростом числа оборотов турбины



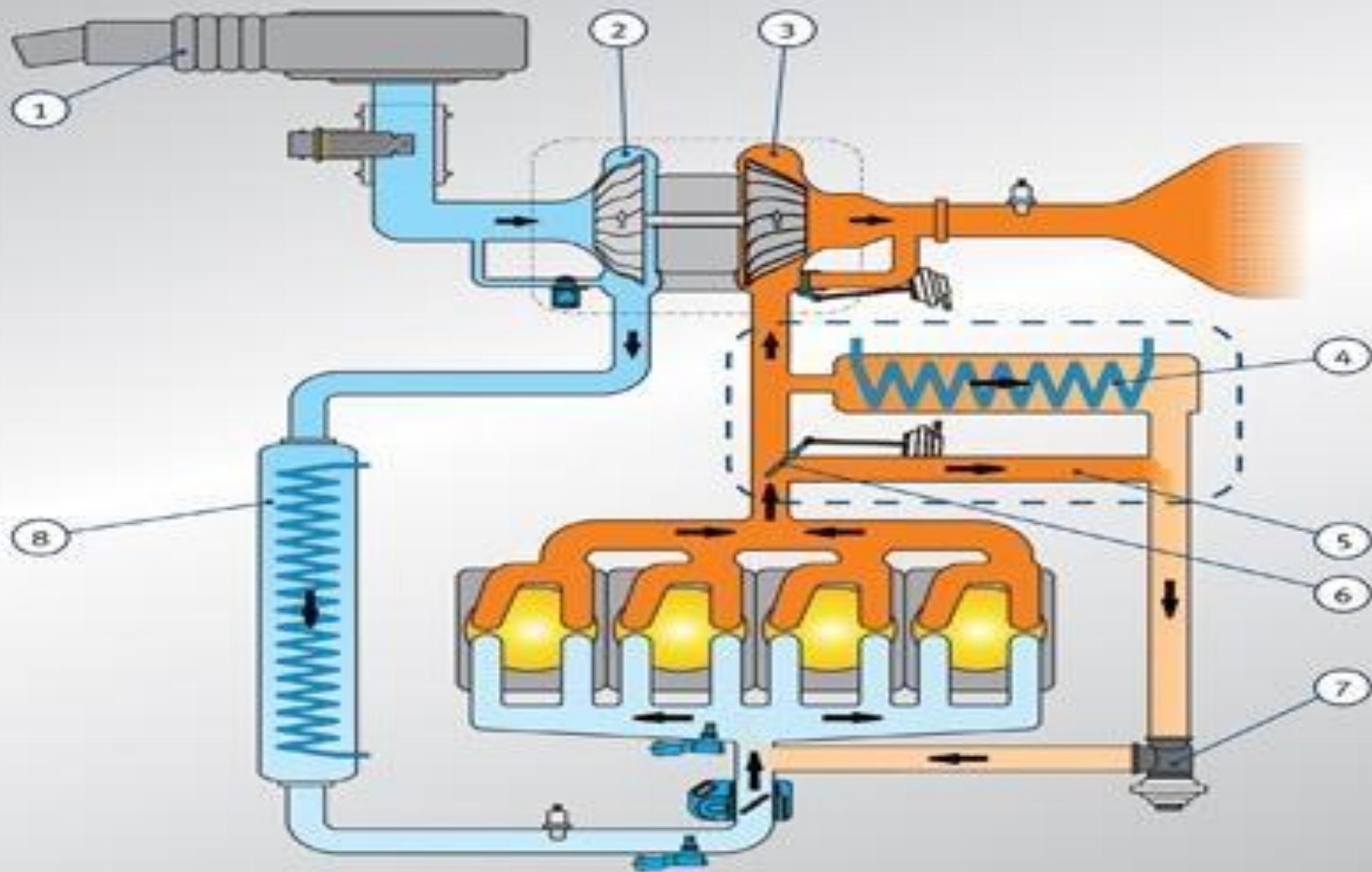
Если не предусмотреть специальных мер, этот процесс приведет к разрушению деталей двигателя или турбокомпрессора.



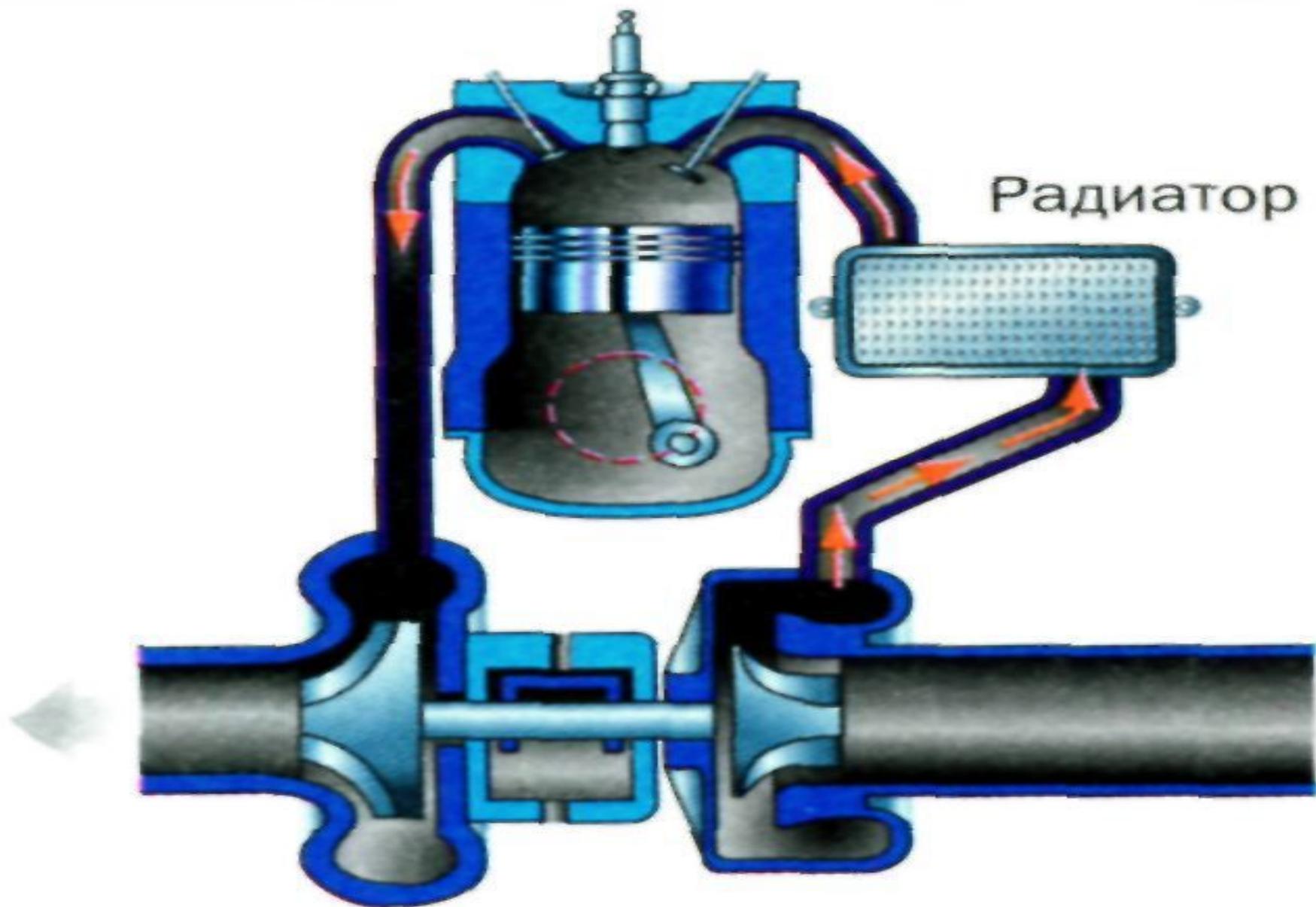
ПРОМЕЖУТОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ВОЗДУХА



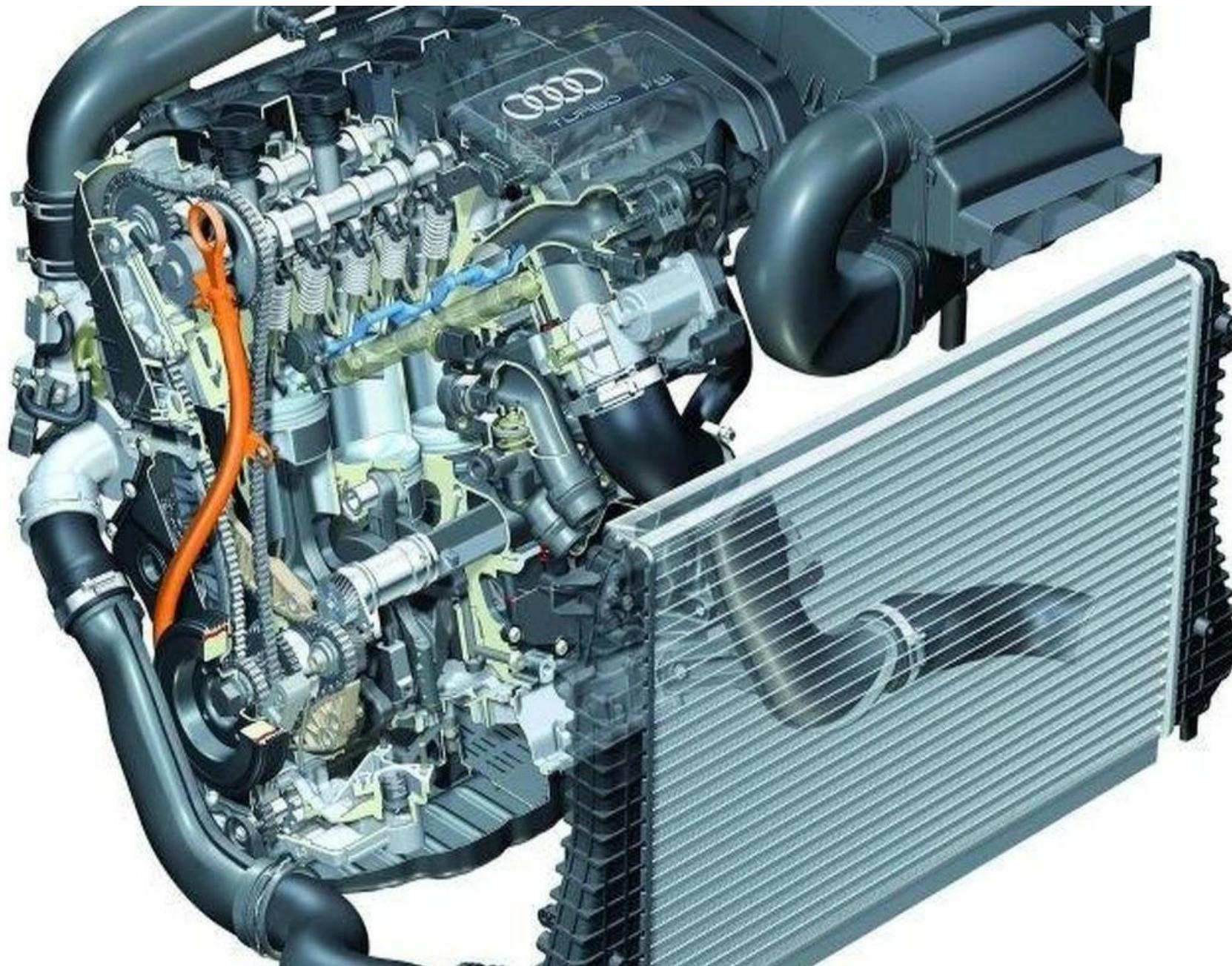
Для повышения степени наддува и снижения высокой тепловой напряженности лопаток турбины в системе наддува организуют охлаждение наддувочного воздуха



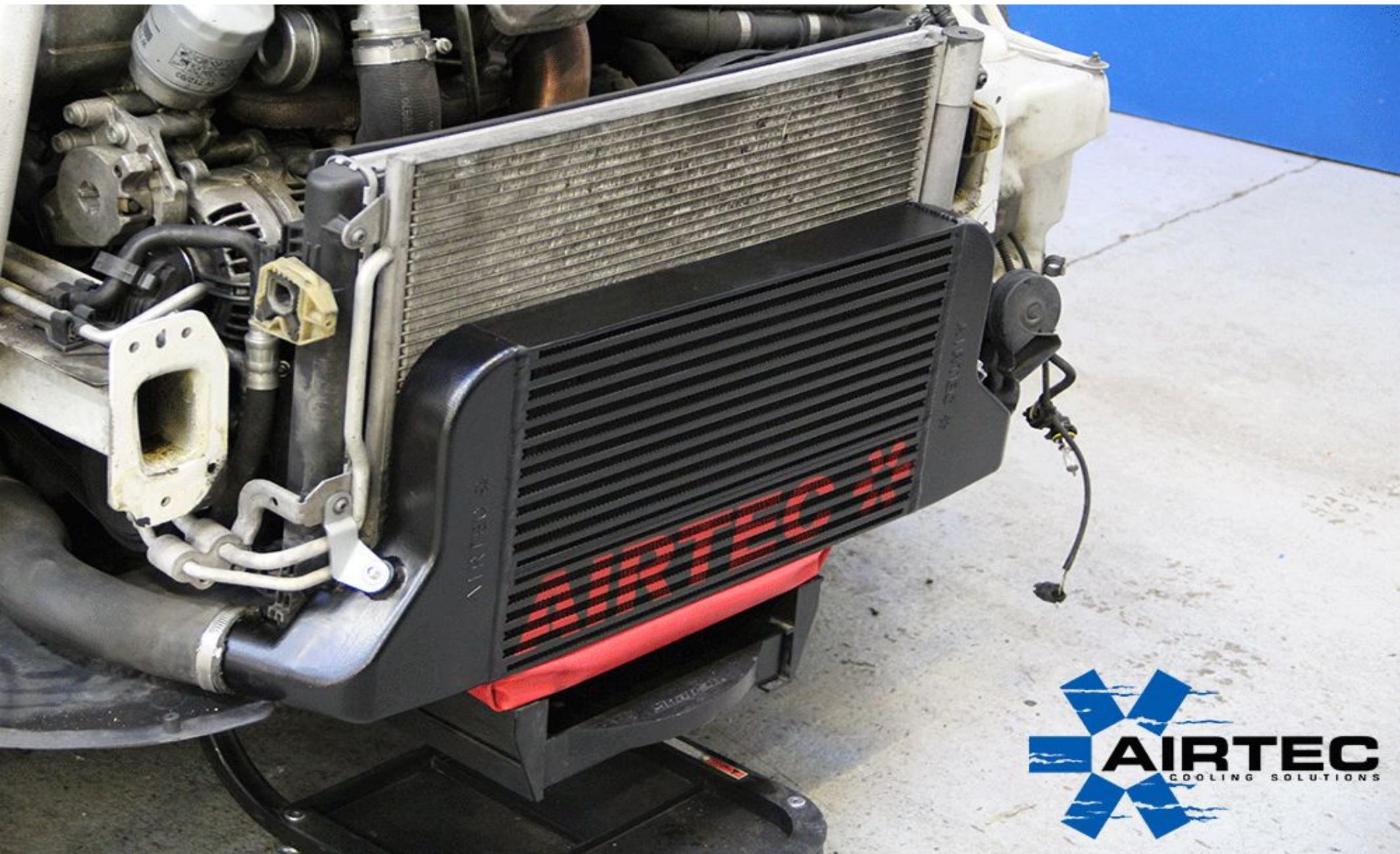
Известно, что сжатие воздуха приводит к повышению его температуры. В современных наддувных двигателях часто применяют промежуточное охлаждение поступающего от турбокомпрессора воздуха



С этой целью воздух, сжатый в турбокомпрессоре, поступает в специальный теплообменник, в котором воздух охлаждается до температуры 50 - 60 °С.



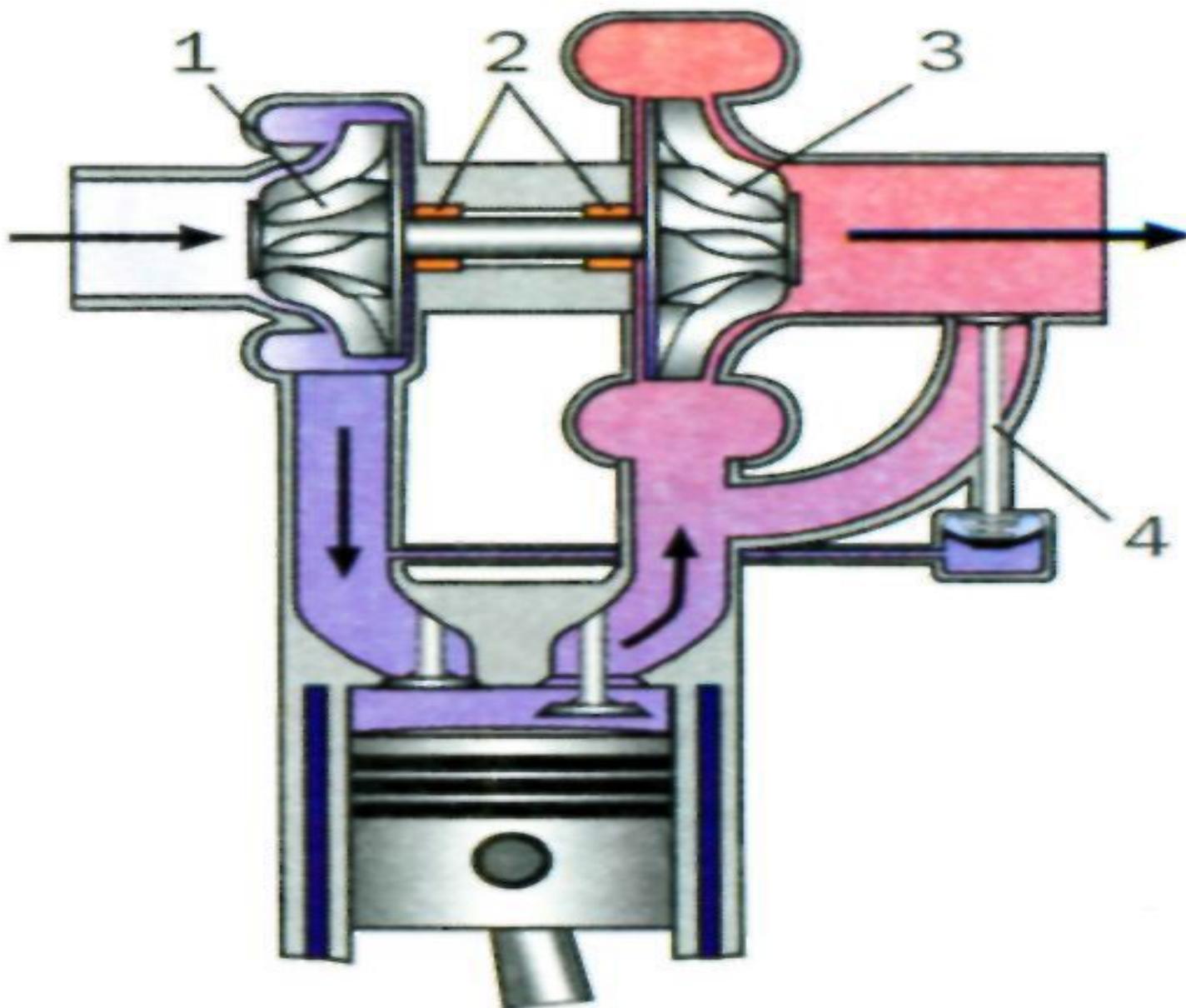
Охлаждение воздуха дает возможность улучшить наполнение цилиндров за счет увеличения плотности воздуха и снизить вероятность возникновения детонации



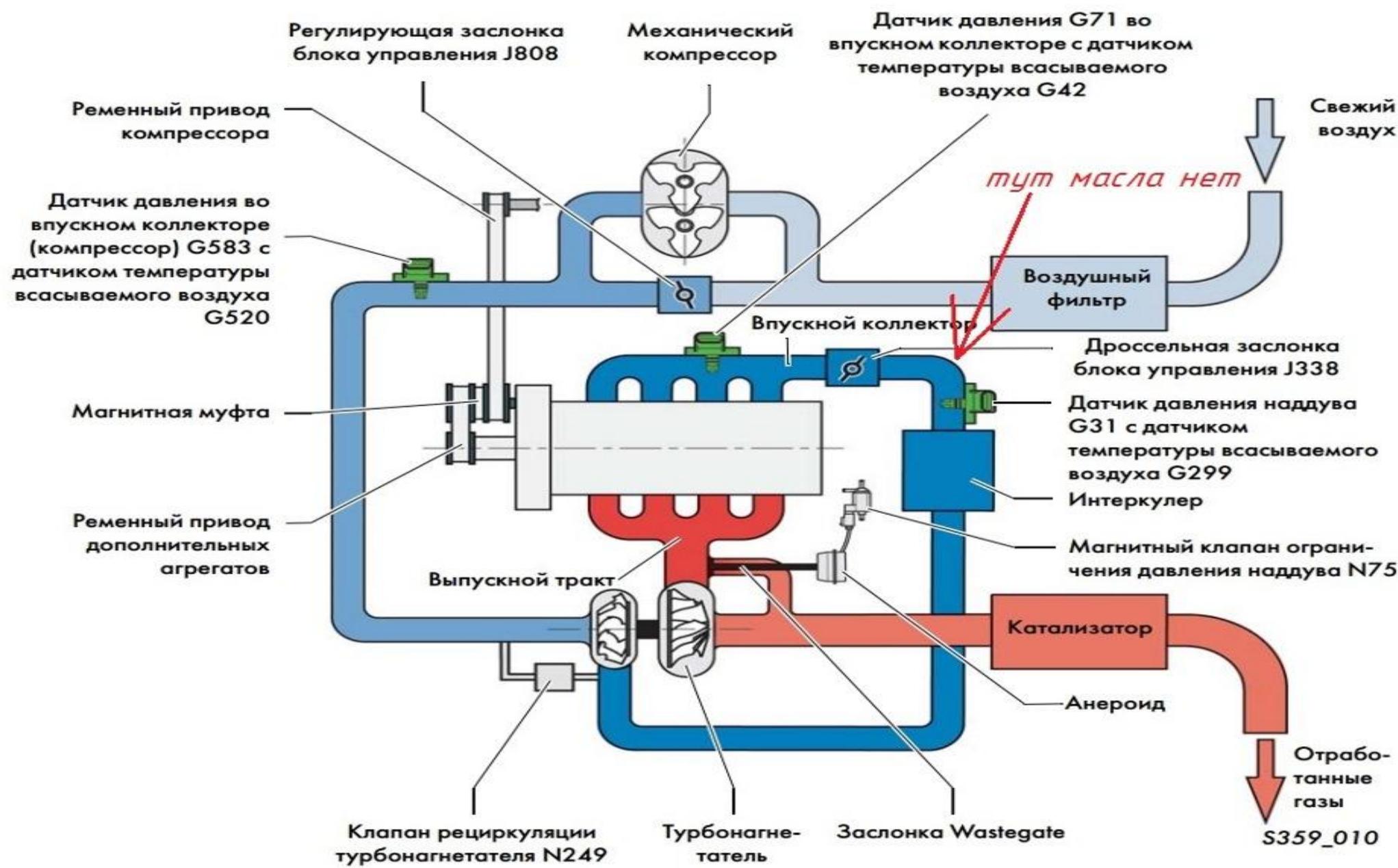
Охлаждение воздуха повышает мощность двигателя с наддувом примерно на 20 % при одновременном улучшении топливной экономичности



РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА



Принцип регулирования заключается в ограничении частоты вращения турбокомпрессора после достижения необходимого давления наддува. С этой целью используется специальный перепускной клапан, который ограничивает количество отработавших газов, проходящих через турбину



В системе выпуска перед турбиной имеется обводной (байпасный) канал, который дает возможность отработавшим газам миновать турбину. Этот канал открывается перепускным клапаном

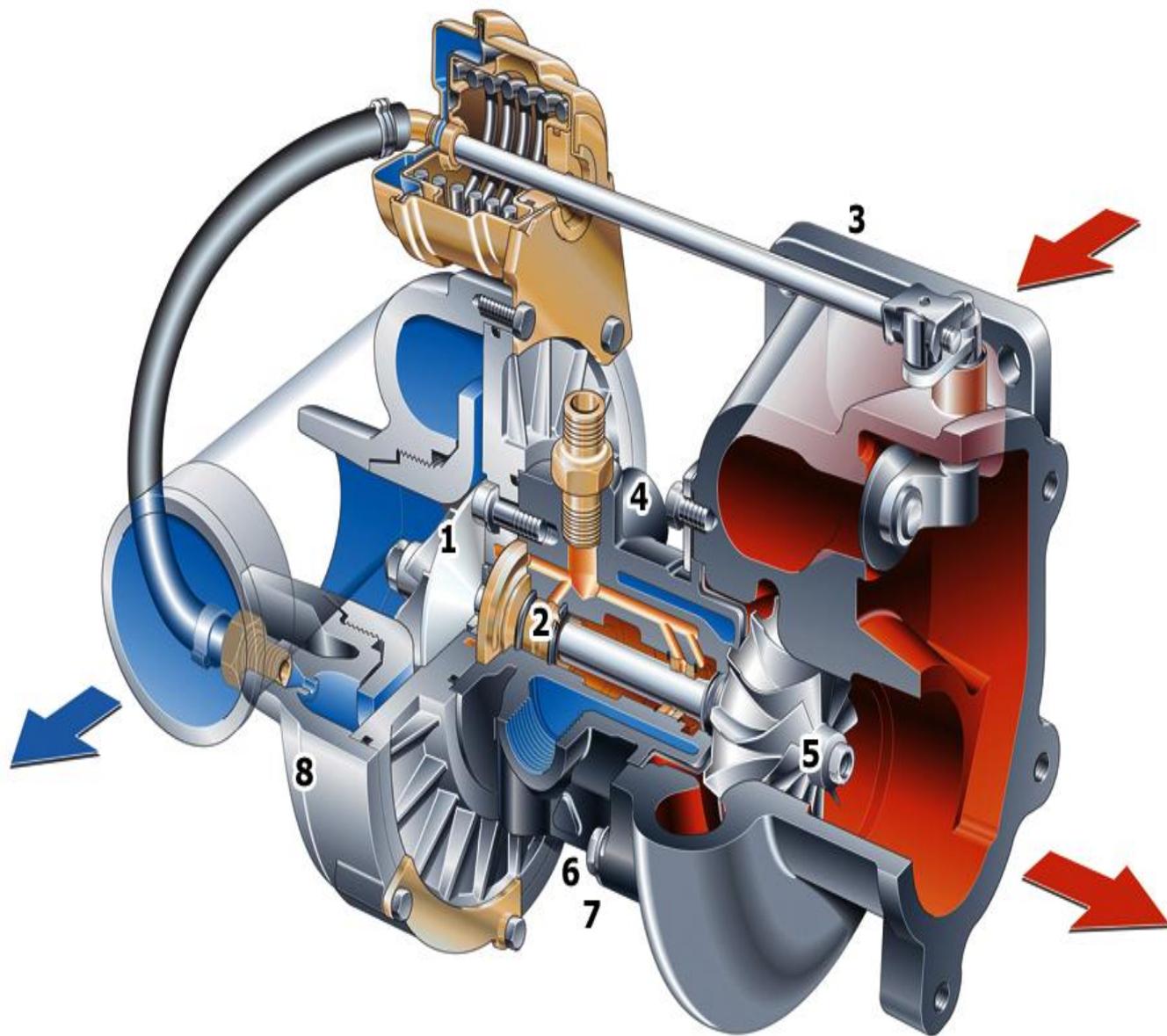
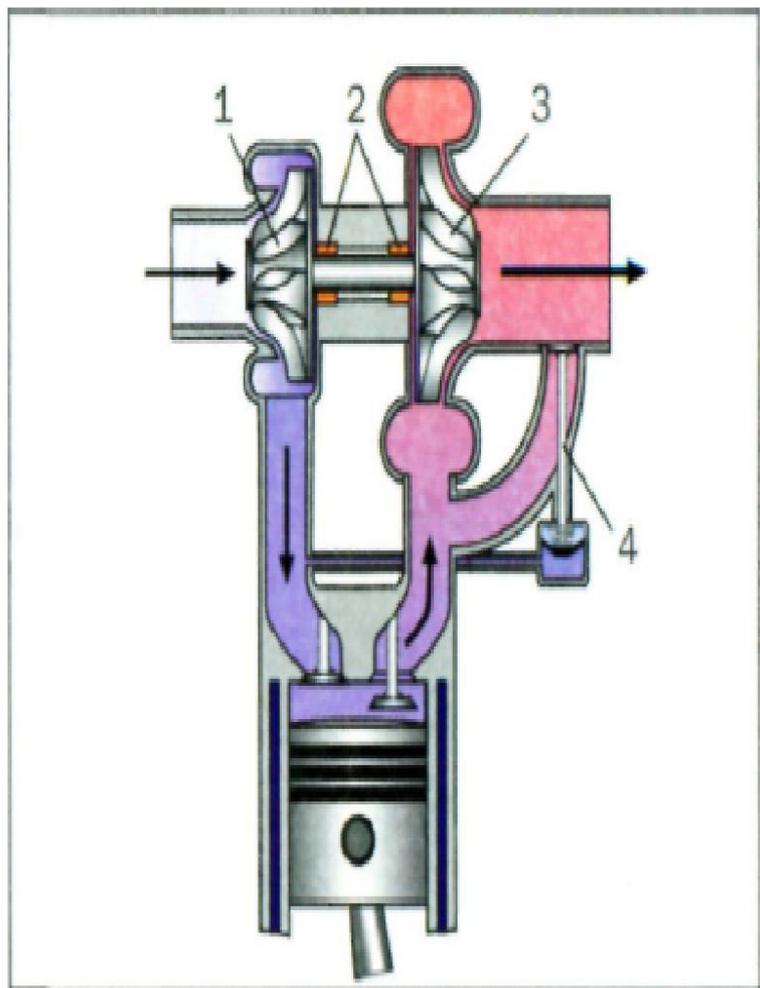


Рис. 2.105. Регулирование наддува: 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

Чувствительным элементом клапана является подпружиненная мембрана, на которую воздействуют две противоположно направленные силы: сила сжатия пружины и давление воздуха после турбокомпрессора

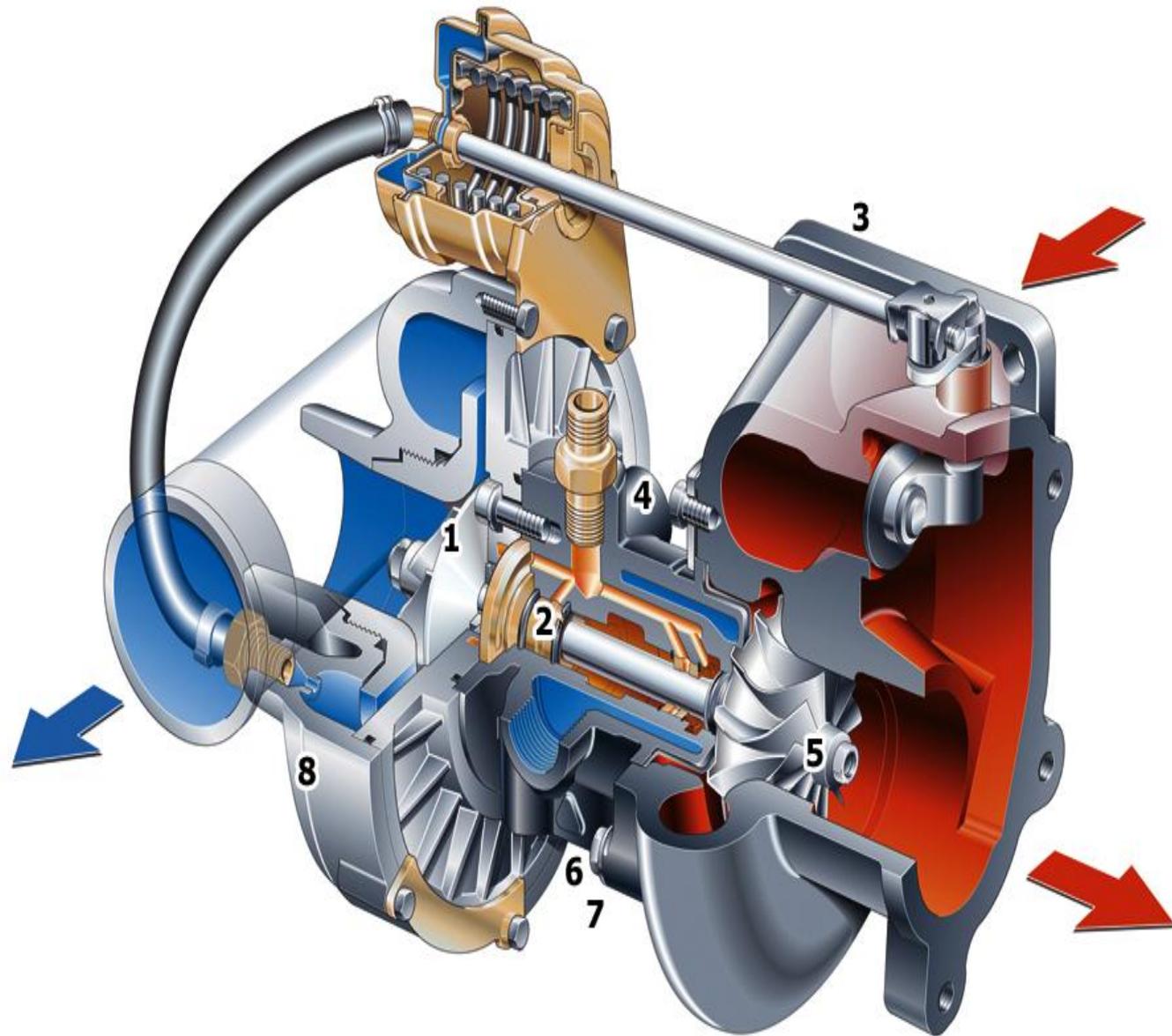
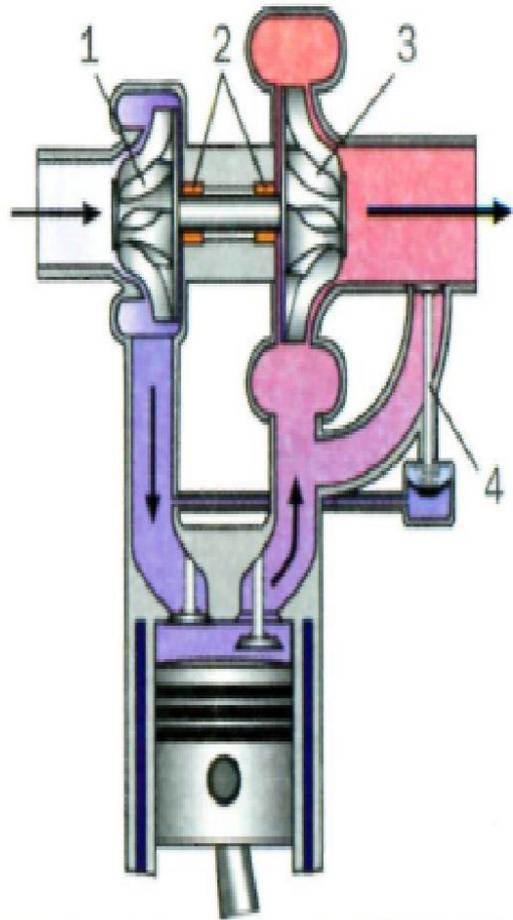


Рис. 2.105. Регулирование наддува: 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

При достижении заданного давления наддува мембрана прогибается, сжимая пружину, а соединенный с мембраной клапан открывает обводной канал. Давление наддува можно отрегулировать предварительным сжатием пружины

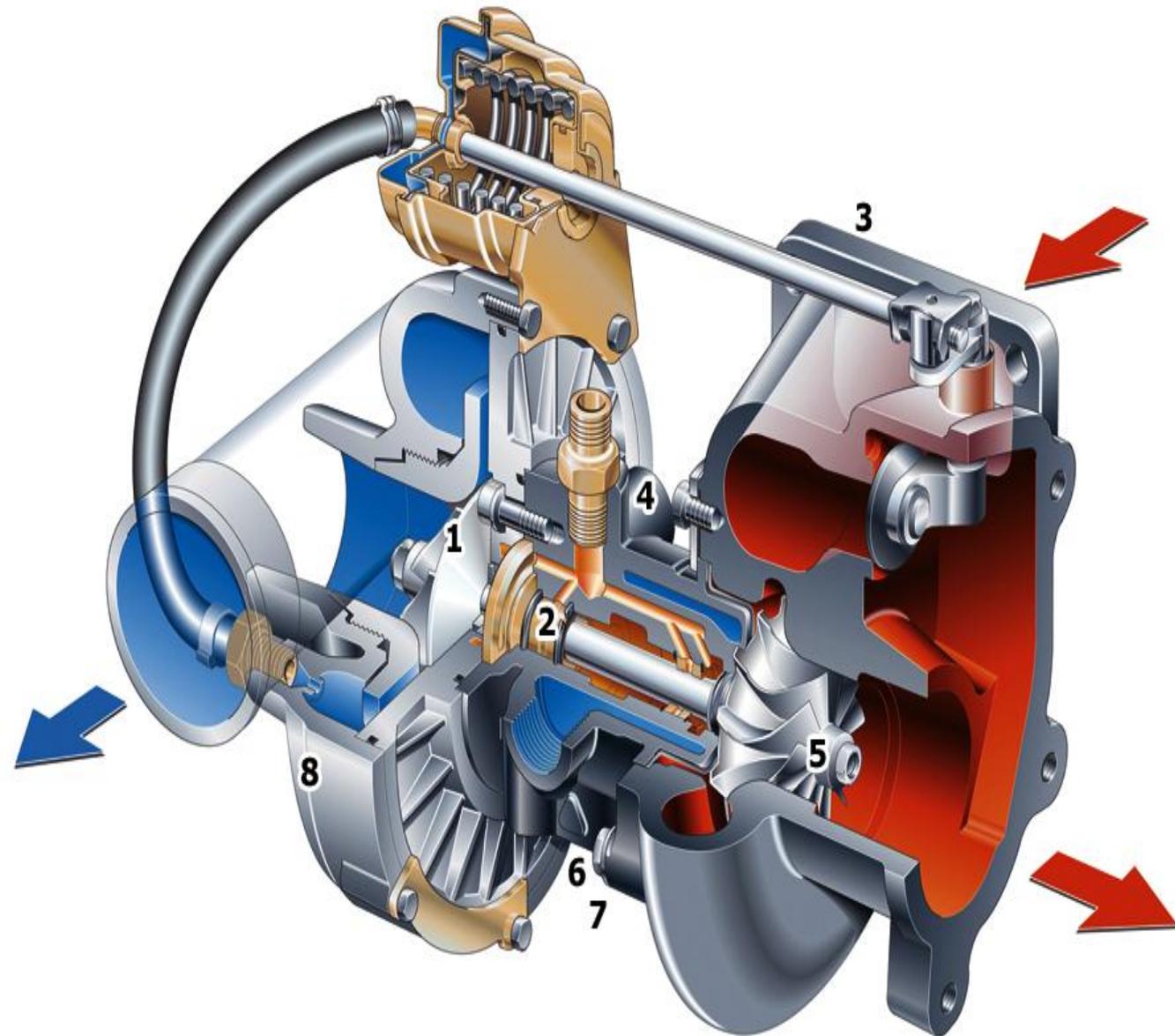
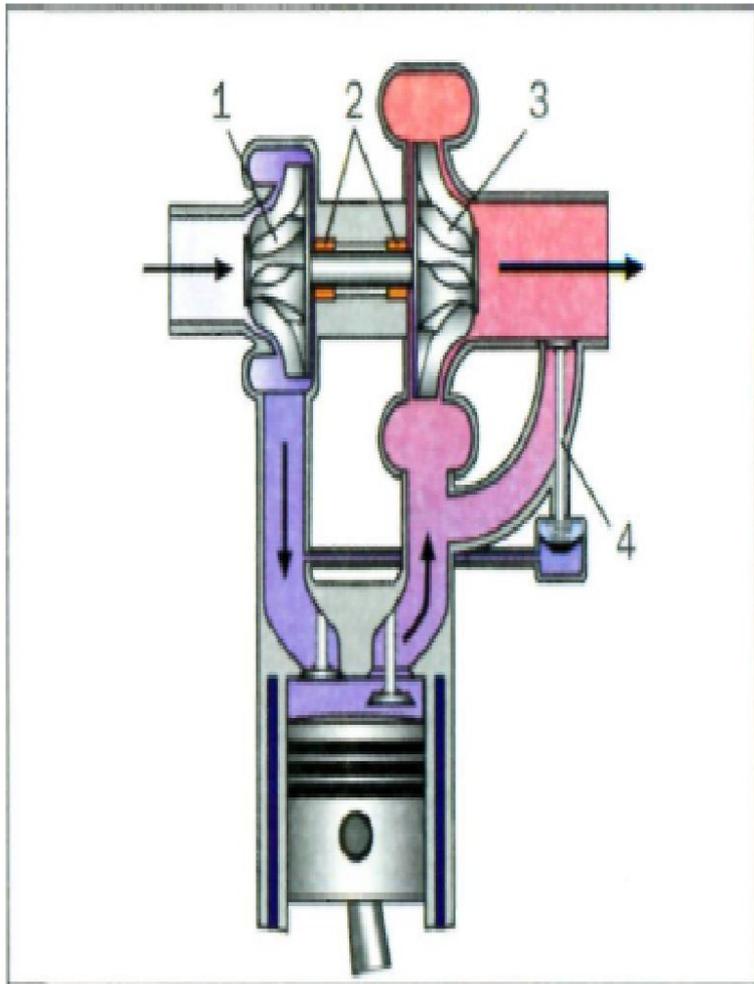


Рис. 2.105. Регулирование наддува: 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

В современных двигателях с турбонаддувом максимальное давление наддува регулируется системой управления двигателем

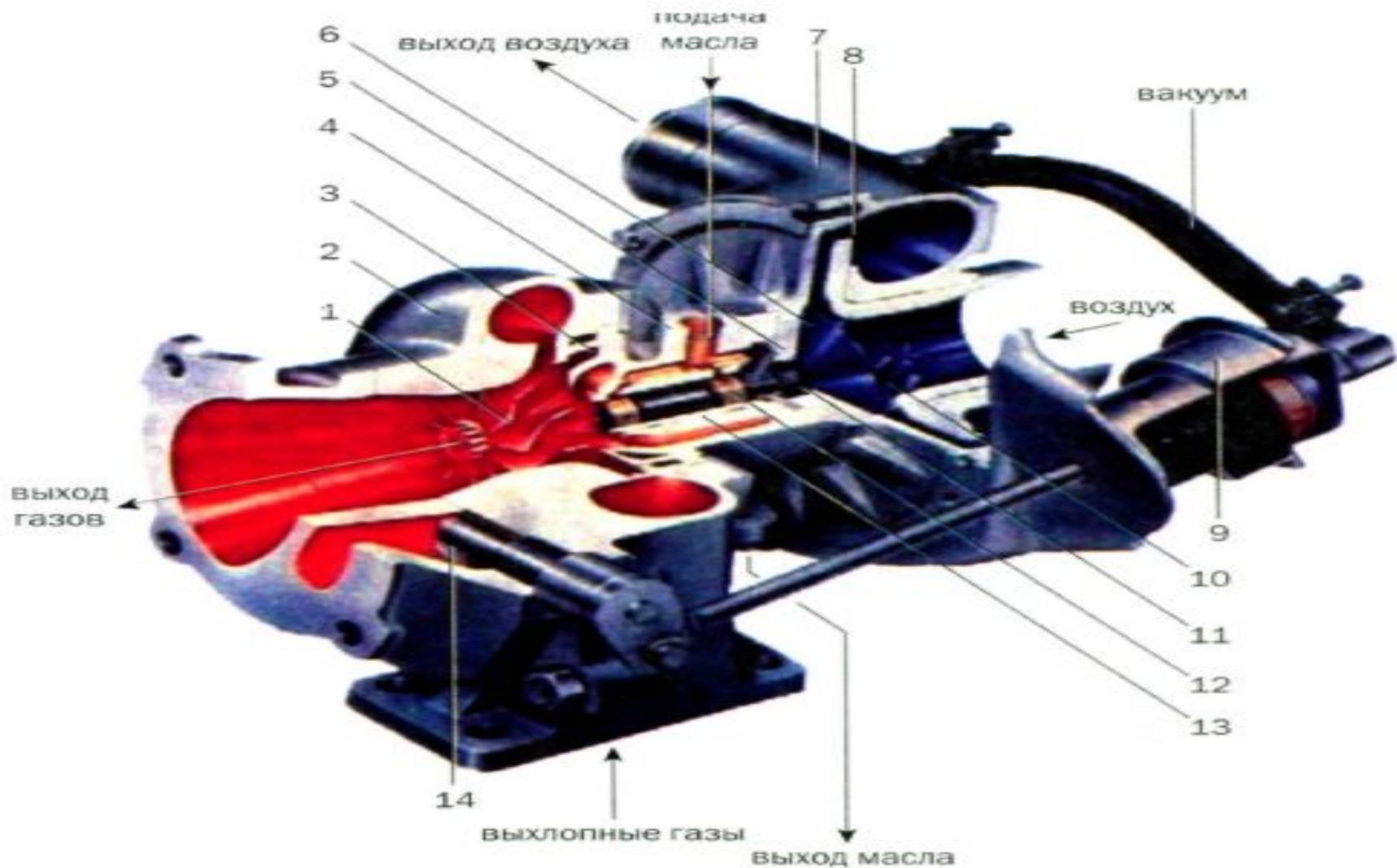
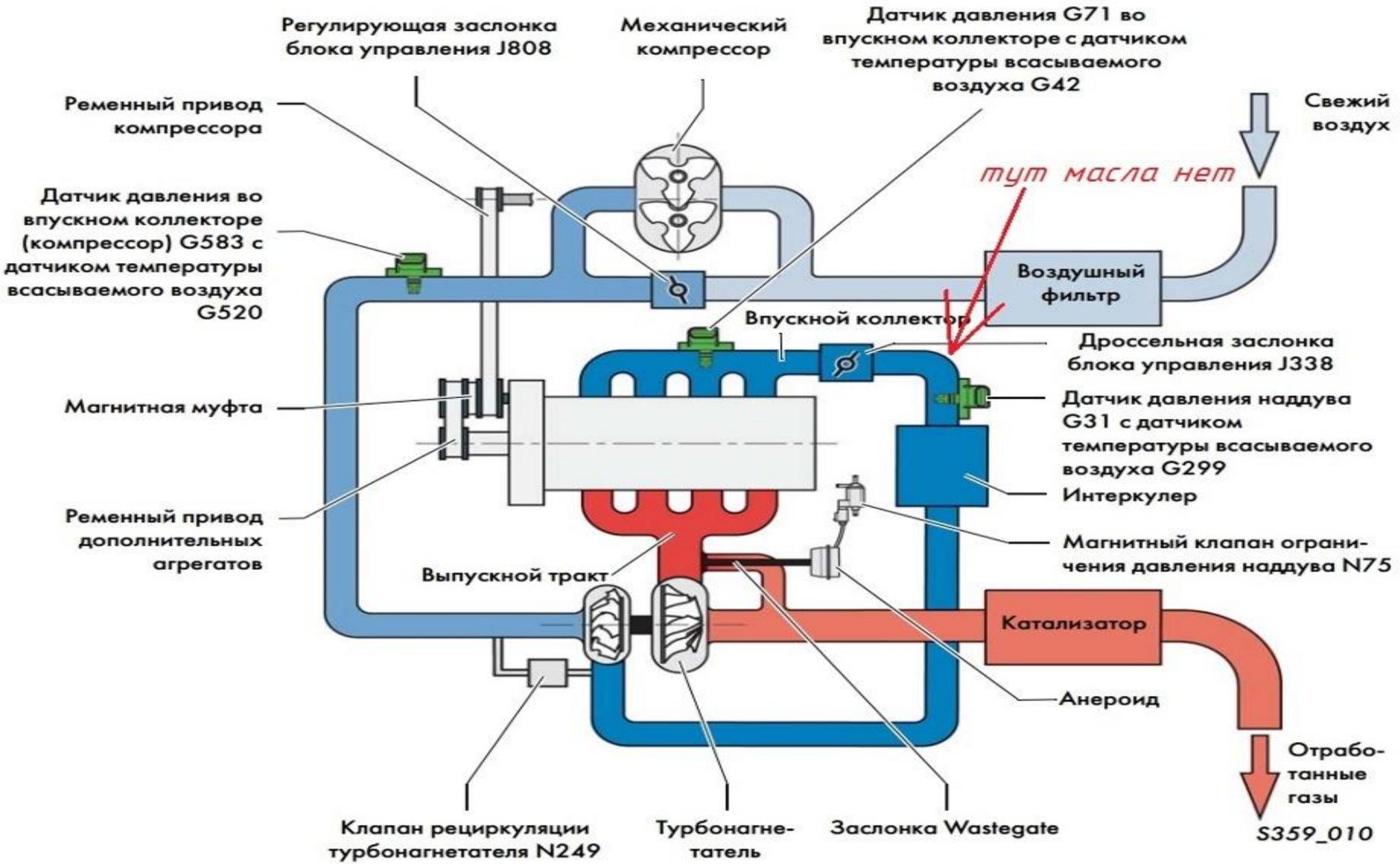


Рис. 2.106. Турбокомпрессор Garrett: 1 — лопатки турбины; 2 — корпус турбины; 3 — тепловая защита; 4 — корпус подшипников; 5 — упор; 6 — защитная пластина; 7 — корпус компрессора; 8 — диффузор; 9 — клапан; 10 — насос компрессора; 11 — уплотнение; 12 — подшипник; 13 — втулка подшипника; 14 — заслонка

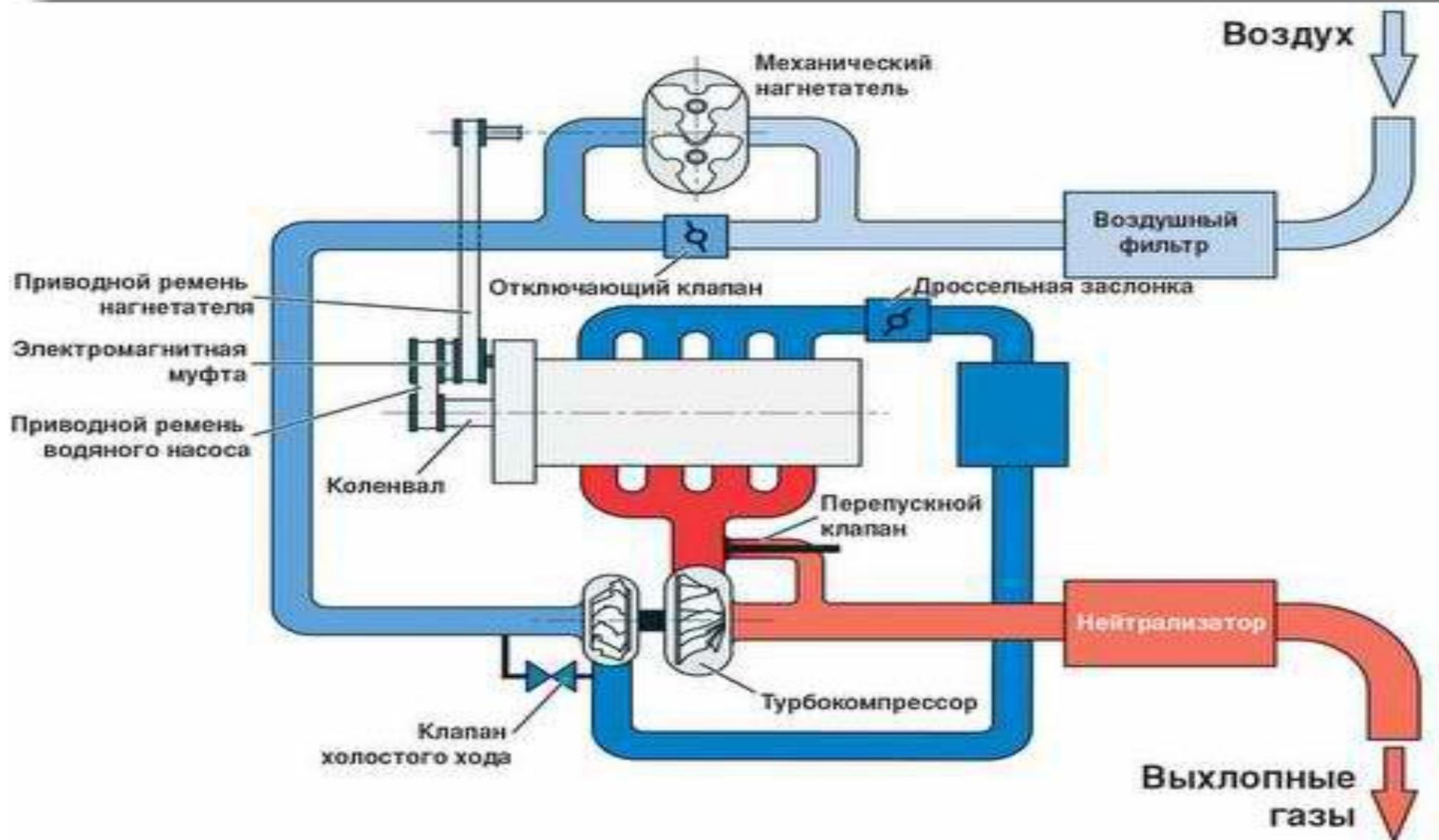
Компьютер получает сигнал от датчика абсолютного давления, сравнивает его с величиной номинального значения давления, содержащимся в памяти, и управляет электромагнитным перепускным клапаном



Работа электромагнитного клапана корректируется в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов двигателя



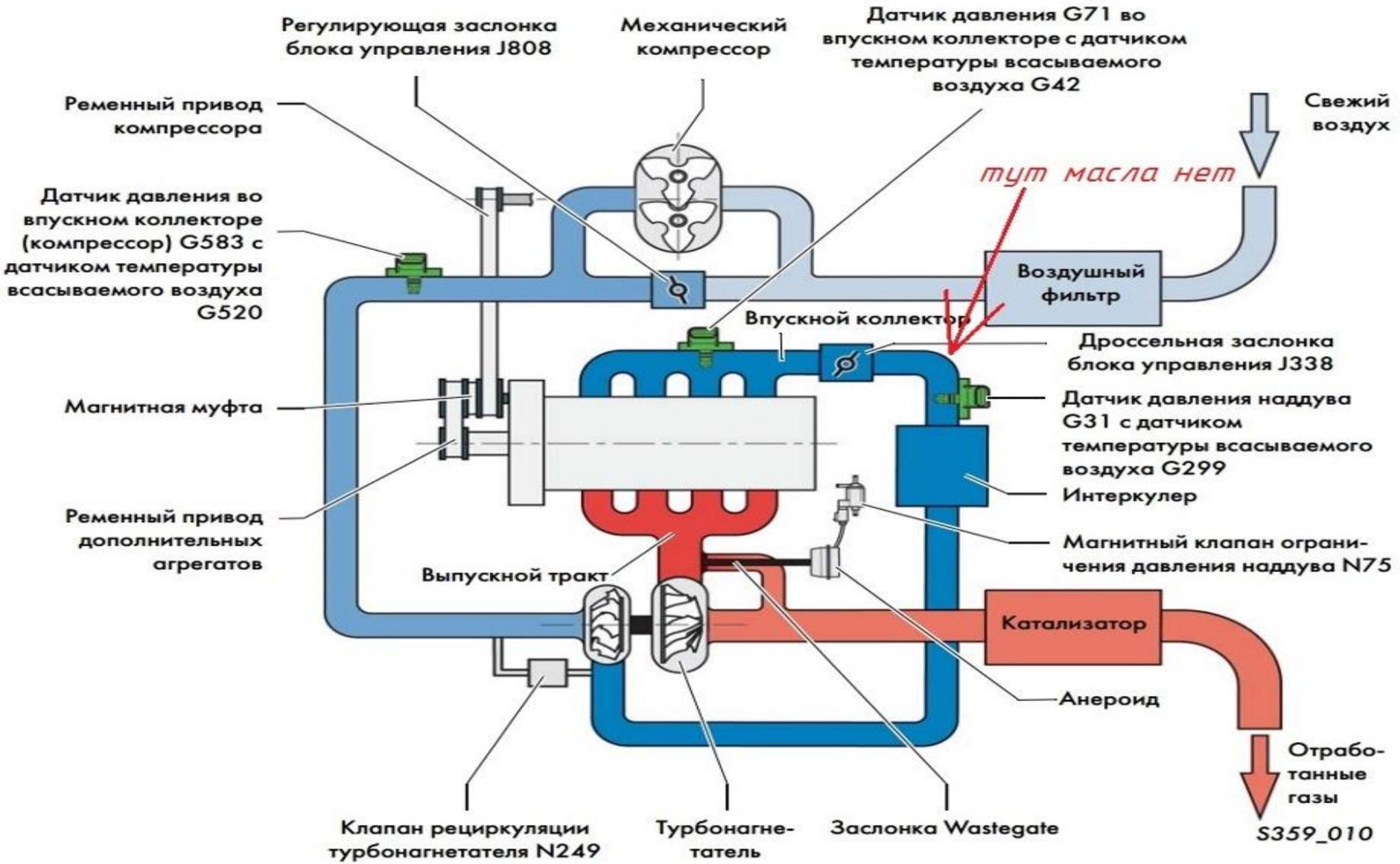
Турбины требовали некоторого времени на «раскрутку», когда при небольших нагрузках открывалась дроссельная заслонка, что приводило к задержке нарастания давления наддува. Этот эффект получил название **турбоямы**



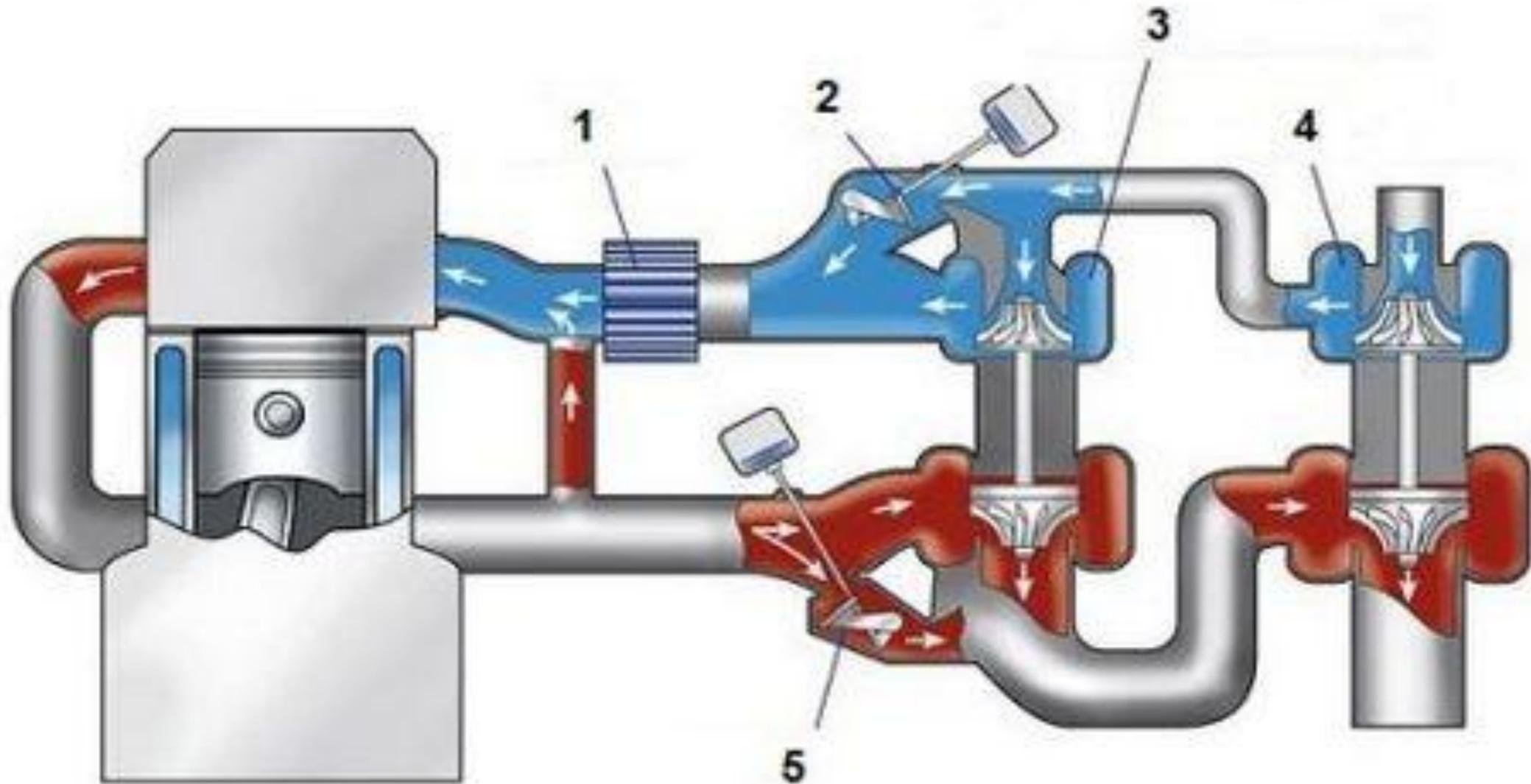
Большинство современных турбокомпрессоров легковых автомобилей имеют небольшие размеры и высокую частоту вращения, что вызывает нехватку воздуха



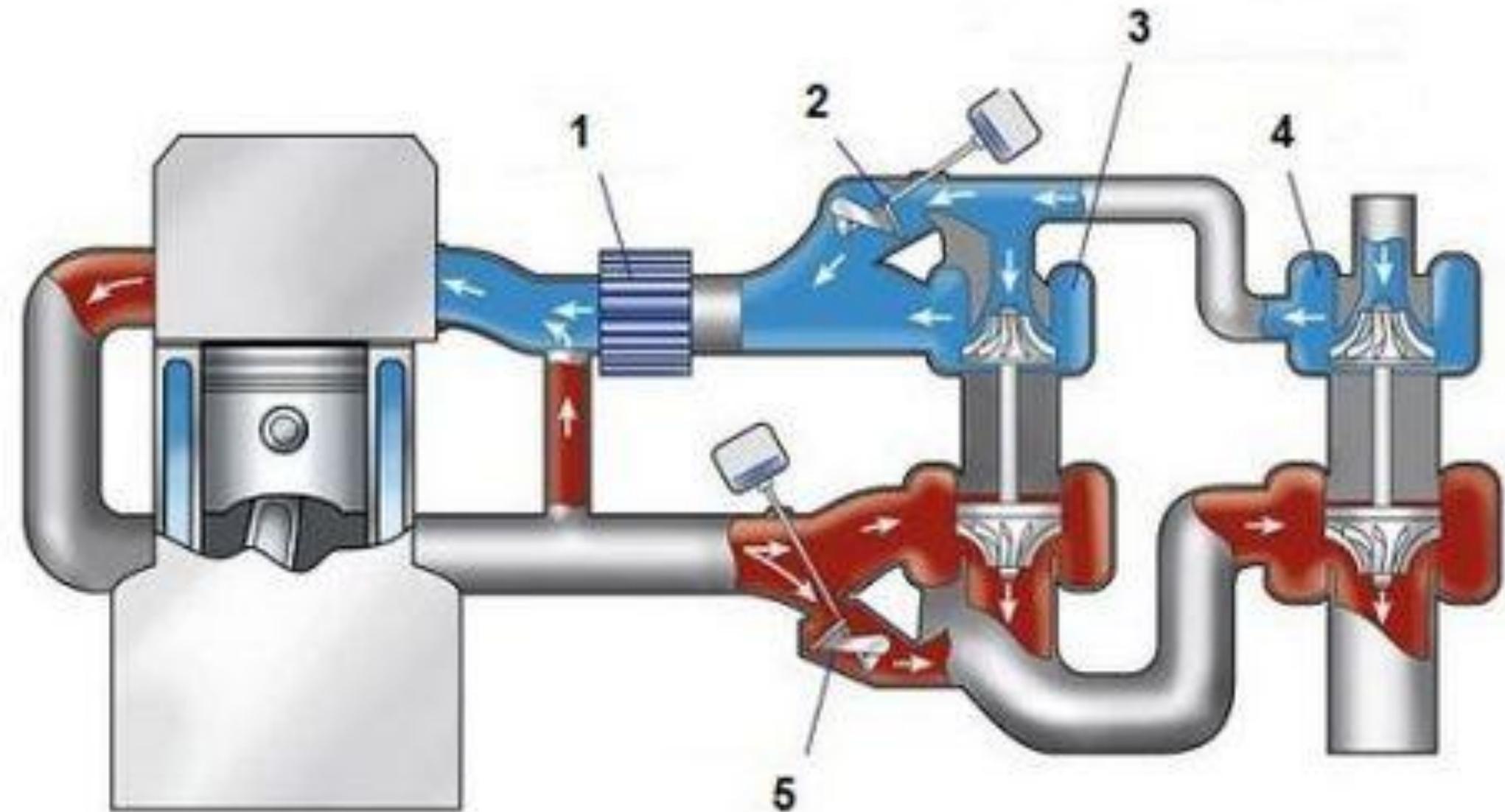
Для того чтобы увеличить диапазон частот вращения двигателя, при которых турбонаддув обеспечивает повышение давления, применяются по два турбокомпрессора на одном двигателе. **Один турбокомпрессор работает при низких оборотах, а второй при ВЫСОКИХ**



Для того чтобы увеличить диапазон частот вращения двигателя, при которых турбонаддув обеспечивает повышение давления, применяются по два турбокомпрессора на одном двигателе. **Один турбокомпрессор работает при низких оборотах, а второй при ВЫСОКИХ**



Последовательное соединение турбин, работающих совместно на малых оборотах, при росте оборотов и преодолении турбоямы открываются клапана и турбина «отключается» во избежания избытка воздуха



В последних поколениях наддувных двигателей стали применяться турбокомпрессоры с переменной геометрией, которые сохраняют высокую скорость газов при малых нагрузках, так что турбина всегда вращается с нужной скоростью

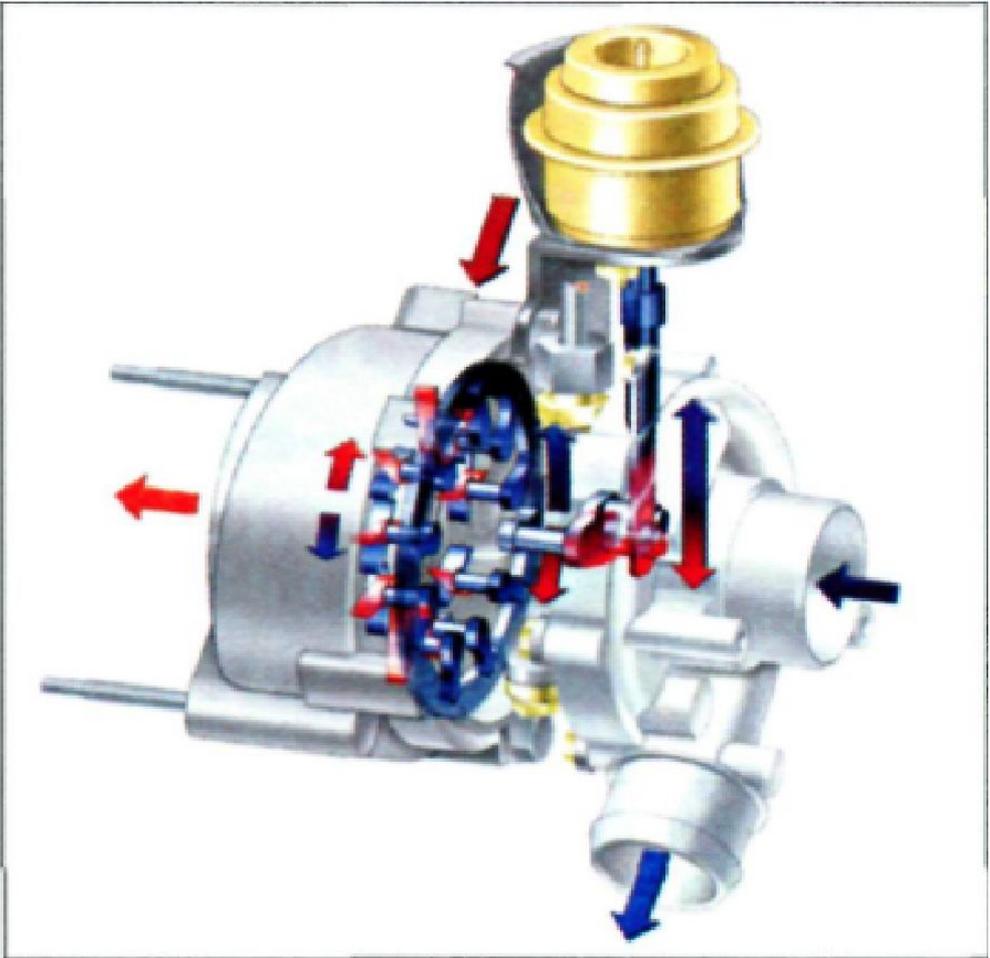


Рис. 2.107. Схема работы турбокомпрессора с изменяемой геометрией

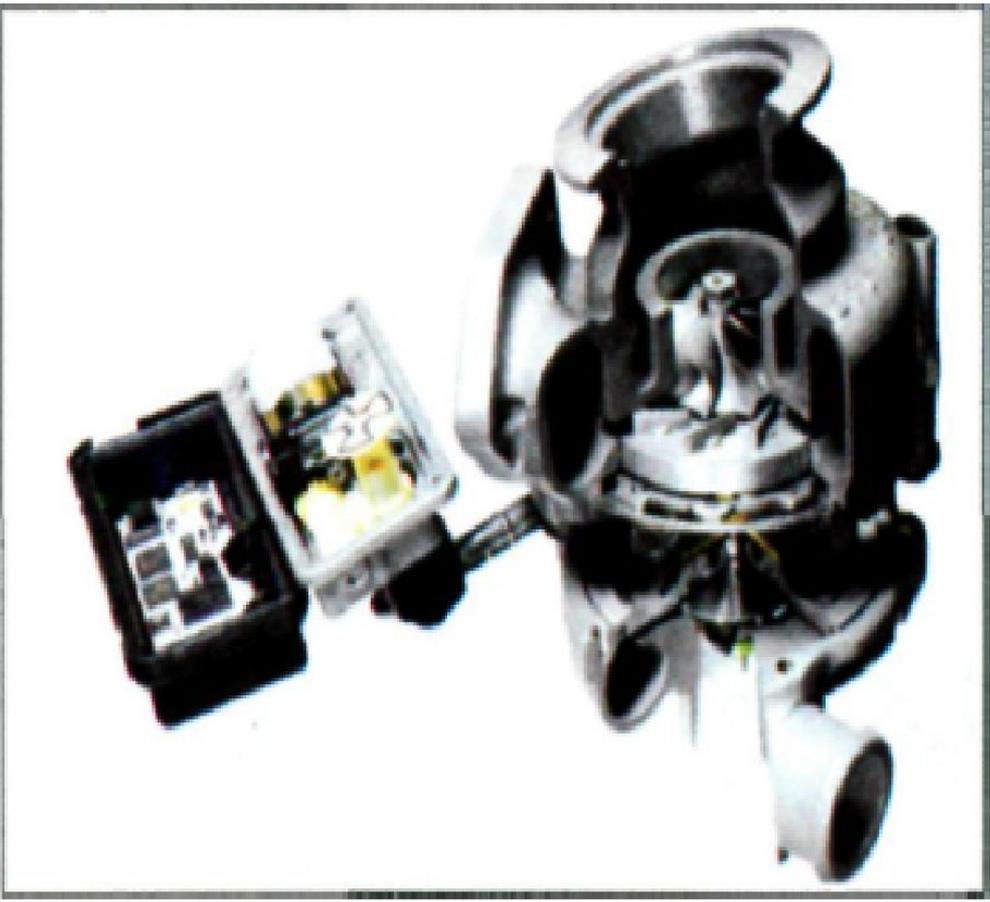
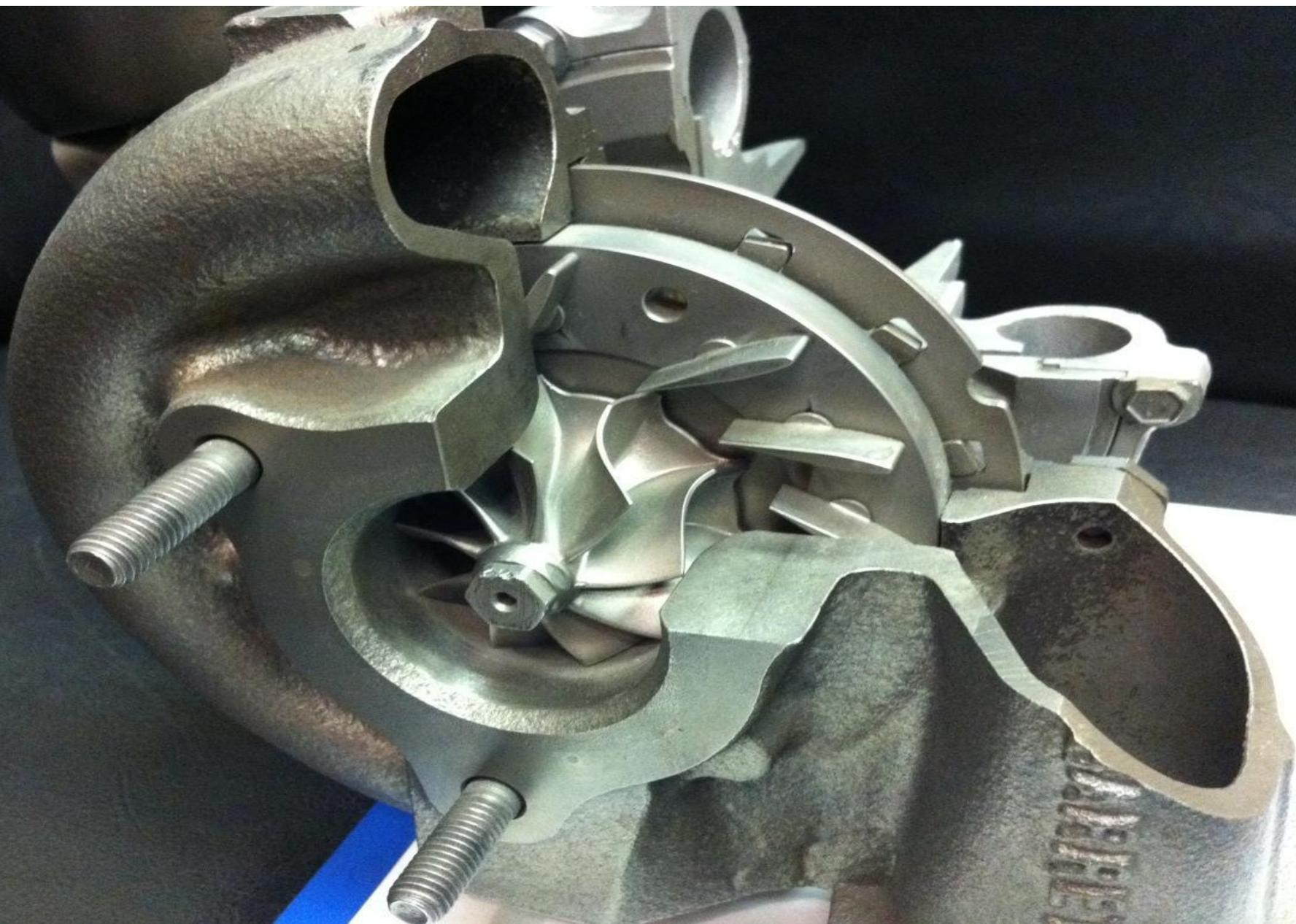
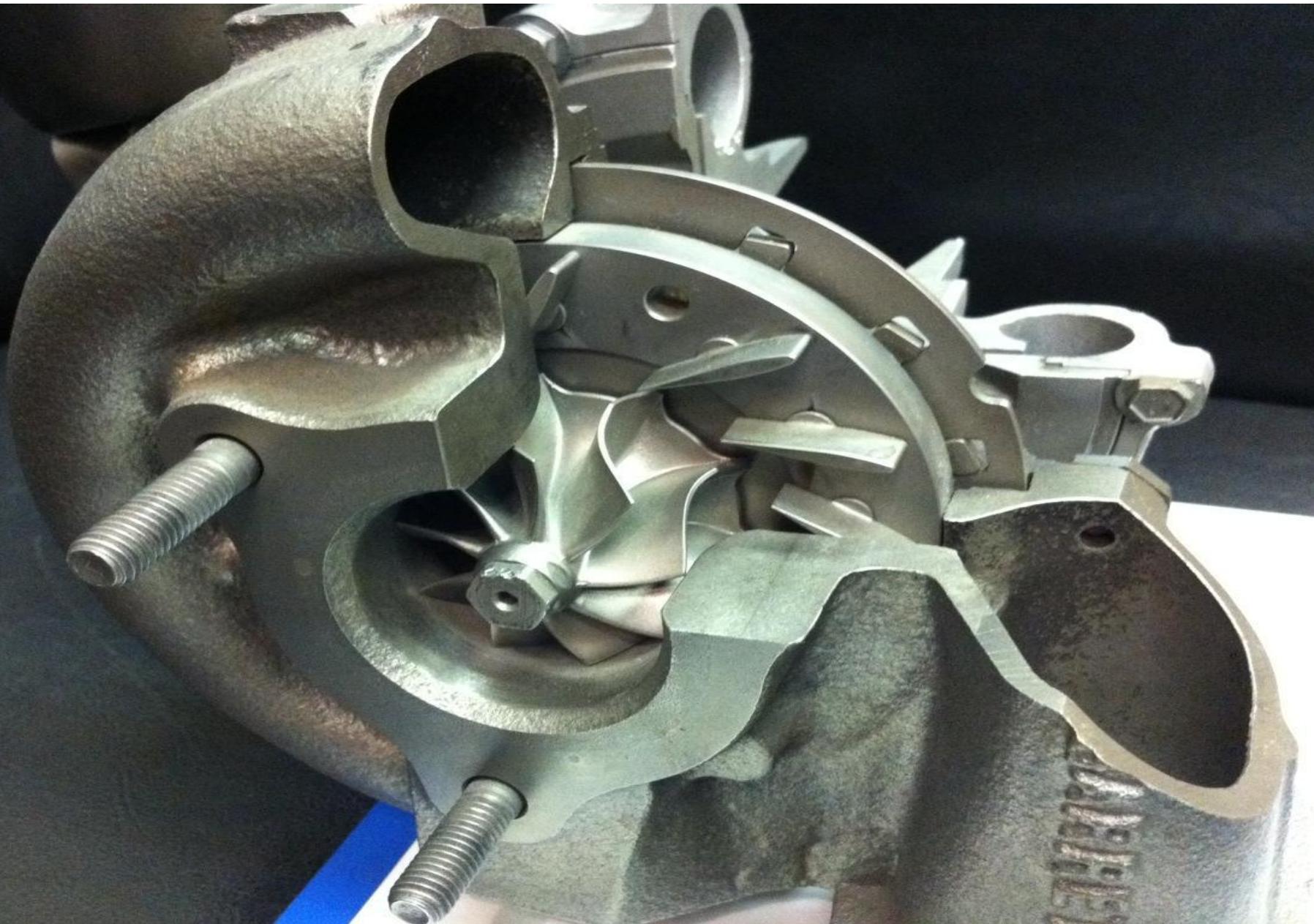


Рис. 2.108. Внешний вид турбокомпрессора с изменяемой геометрией

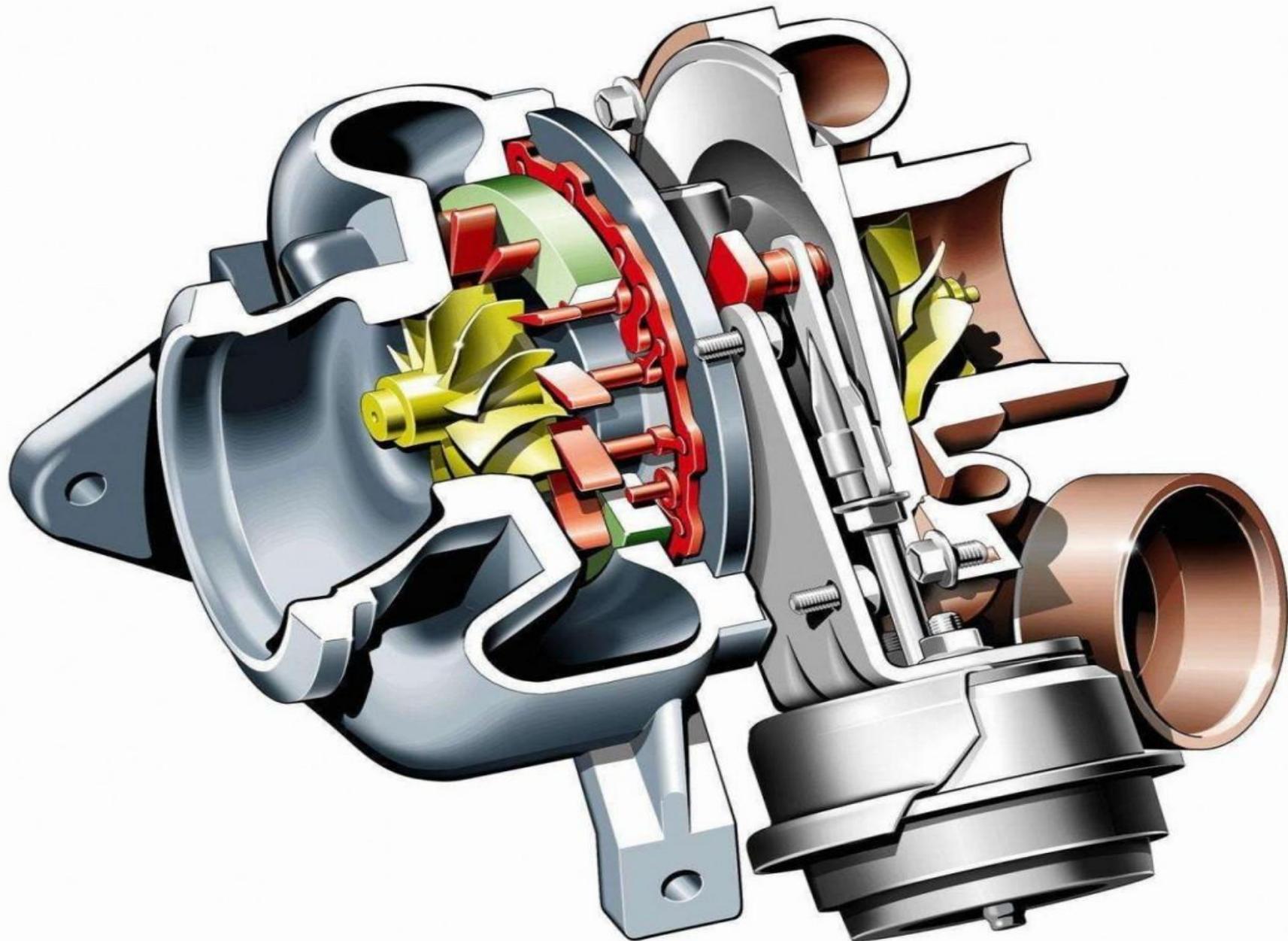
В последних поколениях наддувных двигателей стали применяться турбокомпрессоры с переменной геометрией которые сохраняют высокую скорость газов при малых нагрузках, так что турбина всегда вращается с нужной скоростью



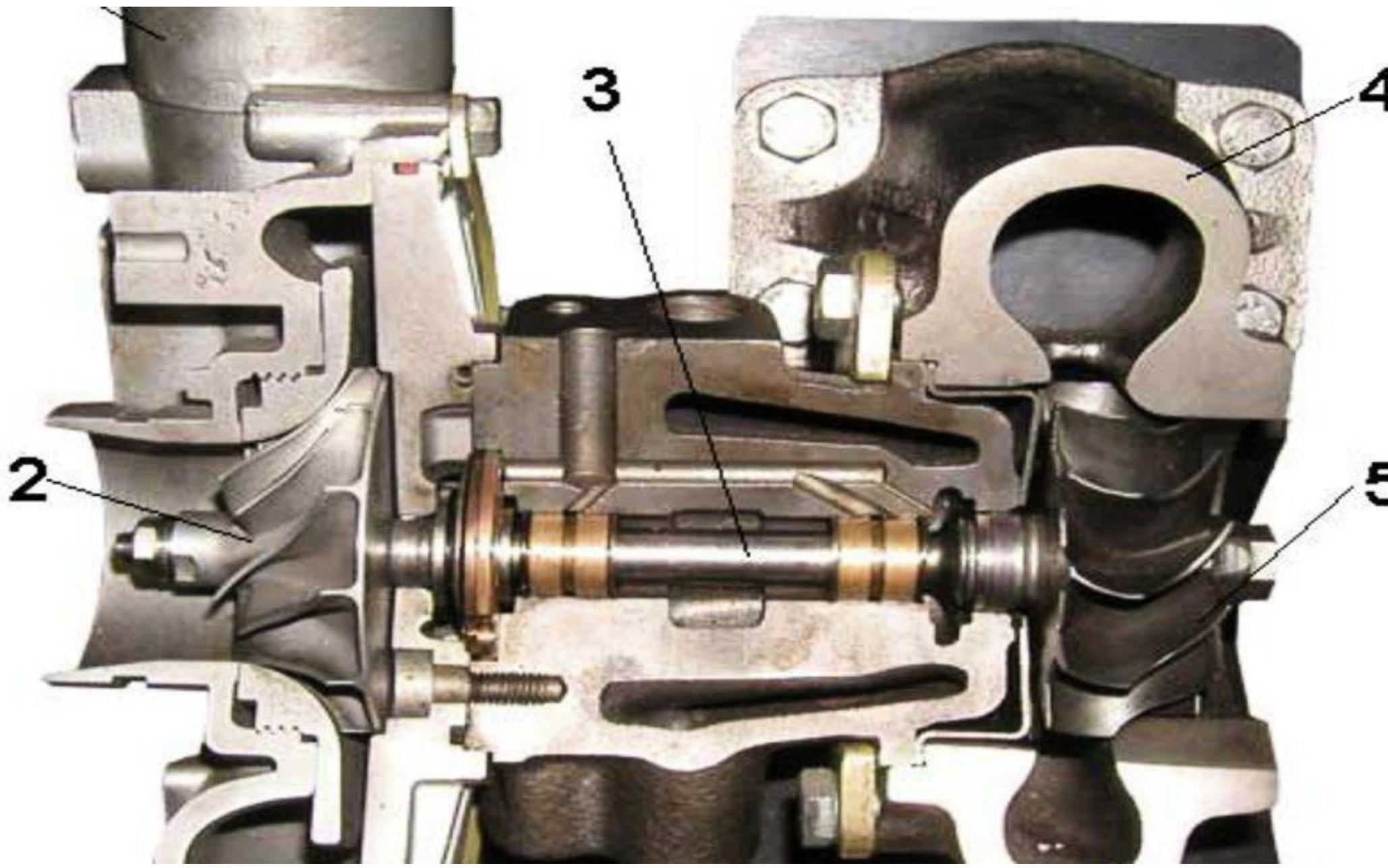
В таких турбокомпрессорах поток направляемых на турбину газов управляется с помощью специальных поворачивающихся заслонок. Одновременный поворот заслонок производится с помощью штока вакуумной камеры. Разрежение в камере регулируется электромагнитным клапаном по сигналу компьютера



Компания DaimlerChrysler, которая на своих автомобилях Mercedes в течение продолжительного времени применяла механический наддув, сейчас использует турбокомпрессор с изменяемой геометрией, в котором поворот заслонок осуществляется с помощью электродвигателя



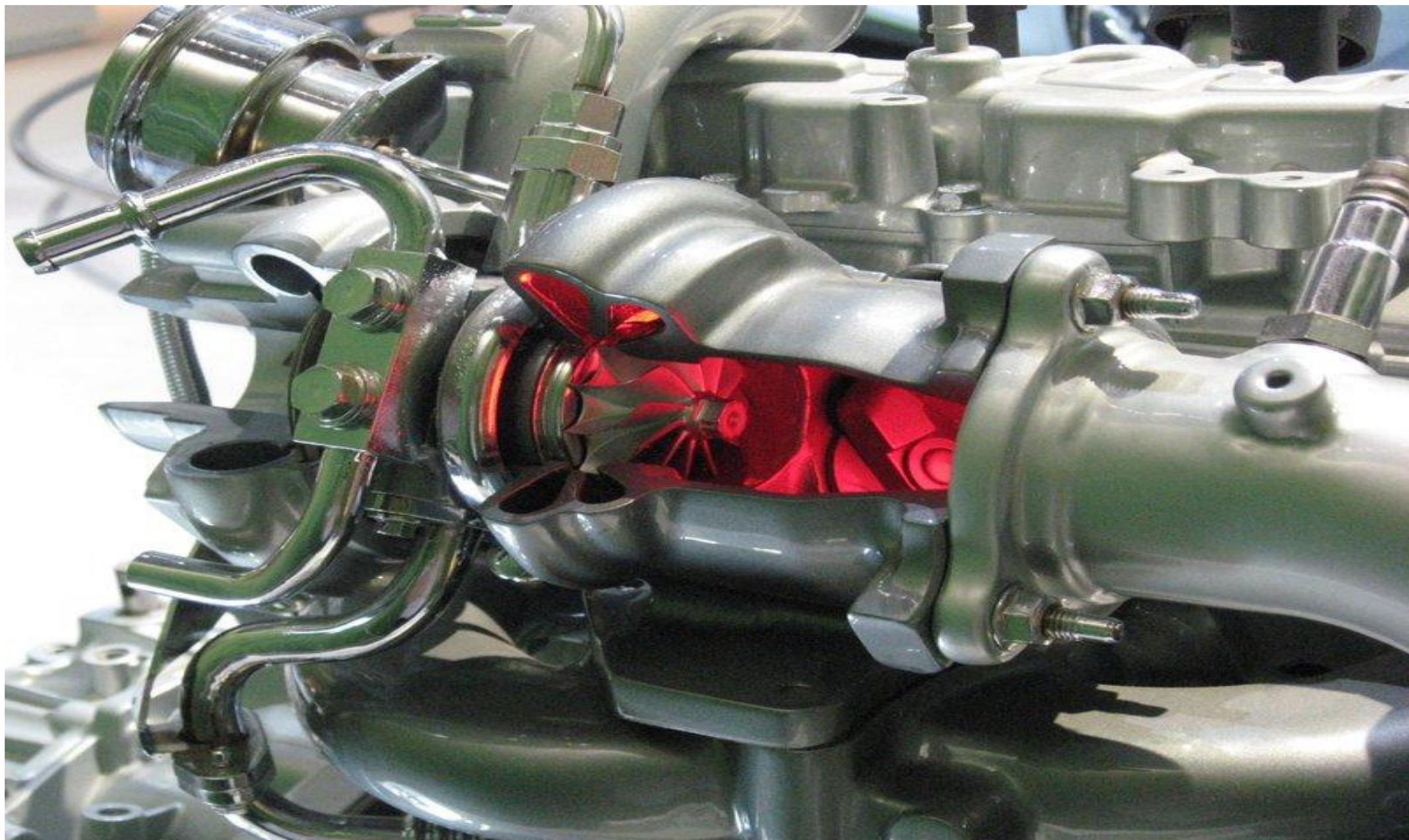
При работе системы турбонаддува происходит сильный нагрев турбины, а компрессор остается сравнительно холодным. Очень важным узлом, определяющим долговечность турбокомпрессора, является узел подшипников вала.



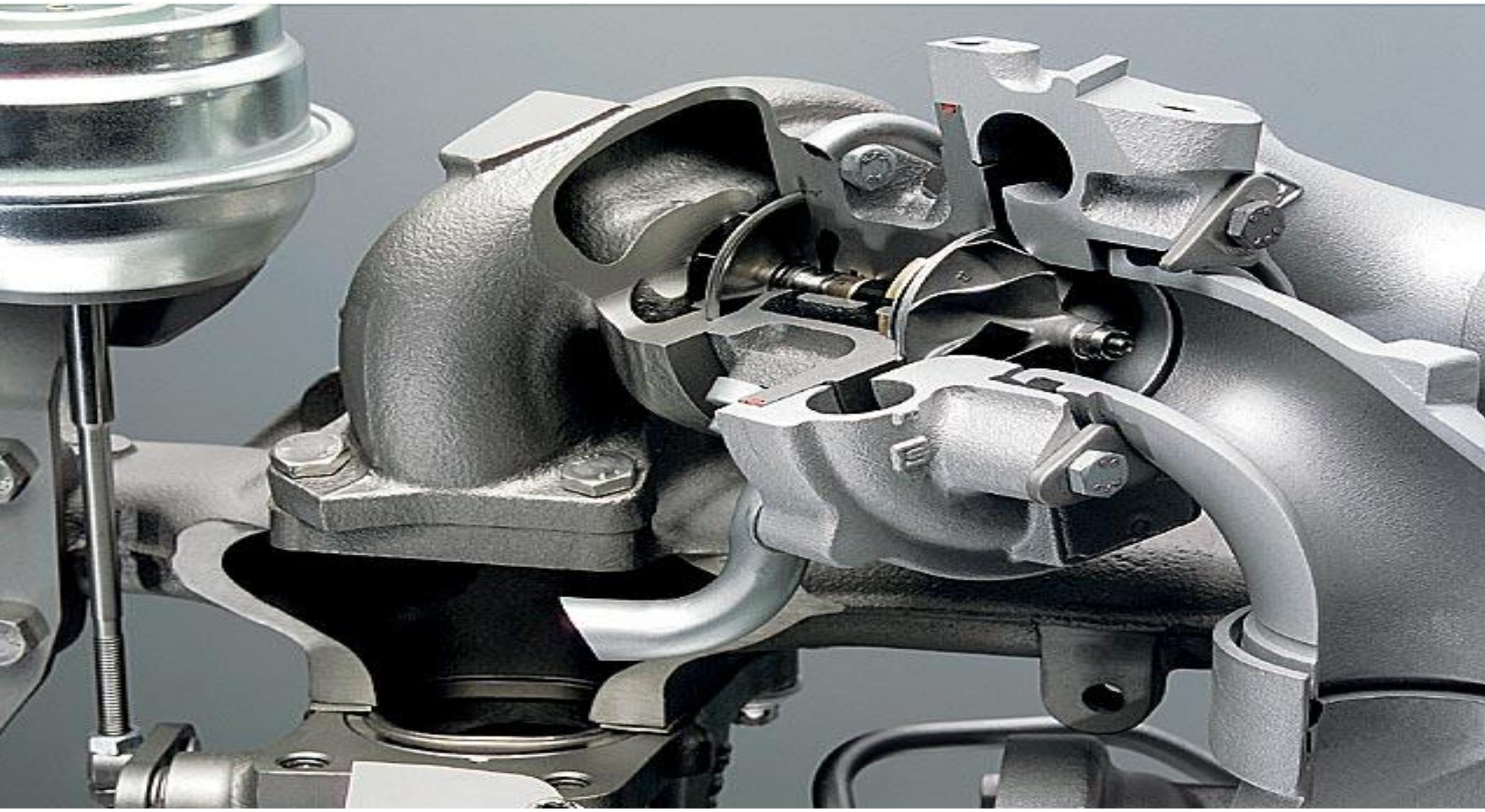
Обычно масло для смазки подшипников подается под давлением из системы смазки двигателя. Иногда для повышения работоспособности наддува применяют охлаждение корпуса турбины жидкостью из системы охлаждения двигателя



После продолжительного движения на высокой скорости автомобиля с турбонаддувом турбина может раскрутиться до высоких скоростей (сотни тысяч оборотов в минуту)



После остановки двигателя турбокомпрессор останавливается не сразу, а масло уже не поступает к подшипникам. Чтобы не произошло повреждения подшипников, рекомендуется перед выключением двигателя дать ему возможность некоторое время поработать на холостом ходу



Очень хорошо система турбонаддува работает в дизелях. Отработавшие газы в дизеле холоднее, чем в бензиновых двигателях, что облегчает работу турбокомпрессора, и, кроме того, в дизеле не существует опасности возникновения детонации



Поэтому неслучайно, что турбонаддув устанавливается почти на всех современных дизельных двигателях легковых автомобилей



В многоцилиндровых двигателях с большим рабочим объемом некоторых грузовых автомобилей отработавшие газы продолжают обладать большой энергией, даже после прохождения турбокомпрессора. Эту энергию можно использовать для дальнейшего повышения мощностных характеристик двигателя, создавая так называемые **турбокомпаундные двигатели**



Рис. 2.110. Турбокомпаундный двигатель Scania

В таком двигателе часть энергии отработавших газов используется для раскручивания дополнительной турбины, которая через гидравлическую муфту связана с коленчатым валом. **Такая конструкция дает возможность, увеличить крутящий момент на вале двигателя.**



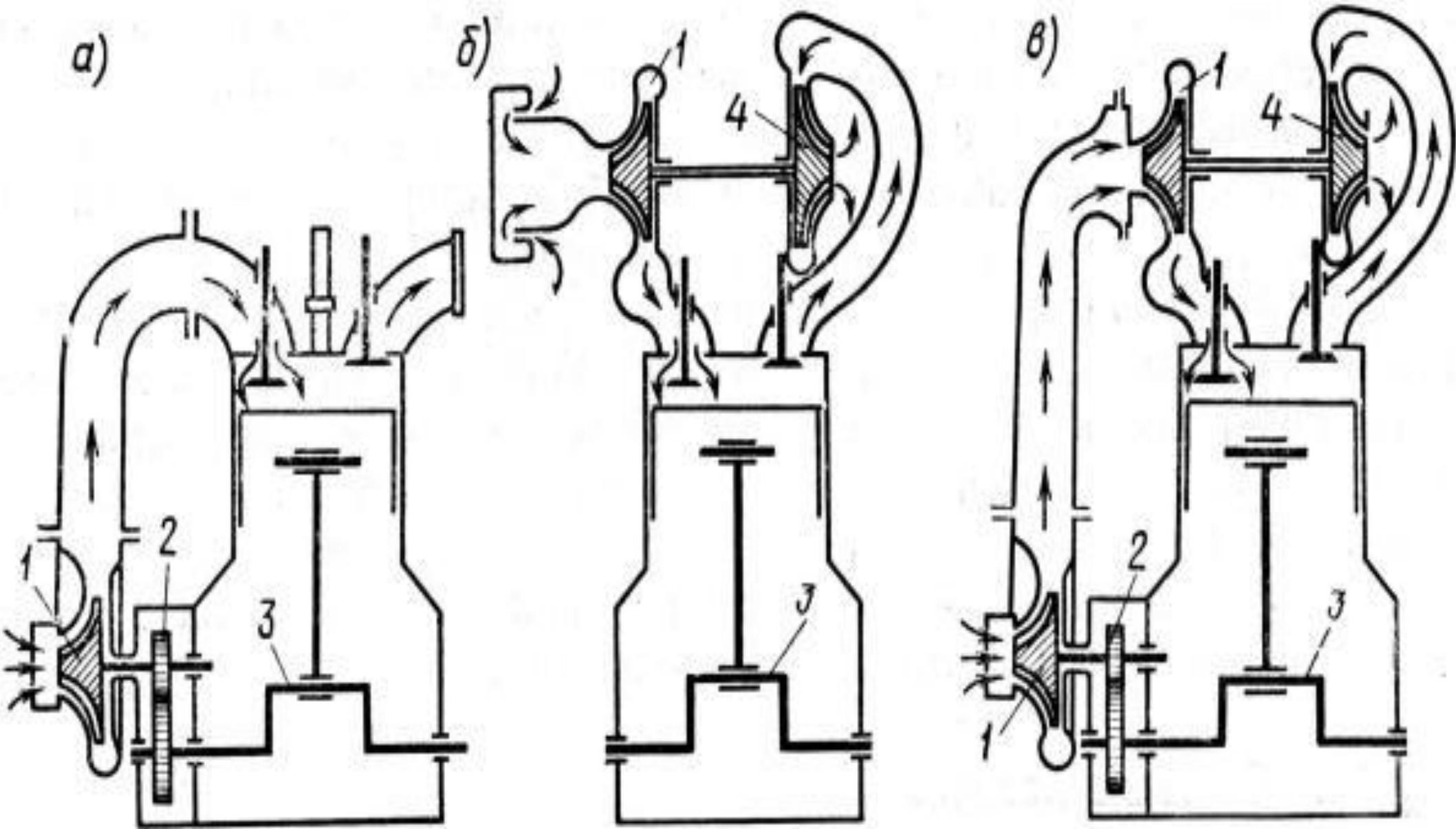
THE END



Повторение наддува в ДВС



В ДВС применяют **механический наддув**, когда воздух закачивается специальным насосом (компрессором), имеющим механический привод, и **турбонаддув**, при котором компрессор приводится в действие турбиной благодаря энергии отработавших газов.



Турбина хорошо подходит для обогащения кислородом топливной смеси. Но всё же имеет свои минусы:



Турбина хорошо подходит для обогащения кислородом топливной смеси. Но всё же имеет свои минусы:



Турбина хорошо подходит для обогащения кислородом топливной смеси. Но всё же имеет свои минусы:

1) турбина — это стационарное устройство и требует полную привязку к двигателю

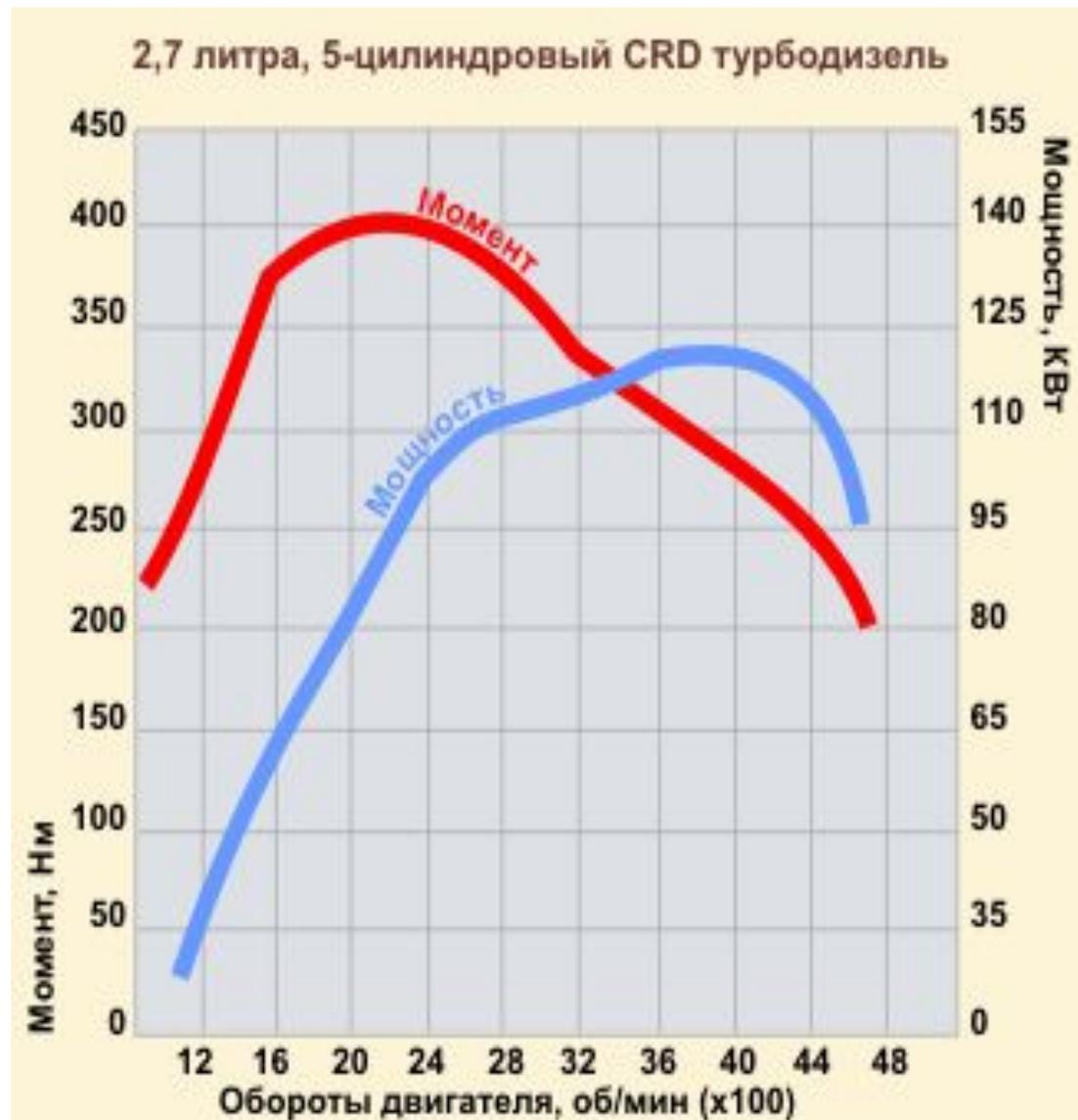
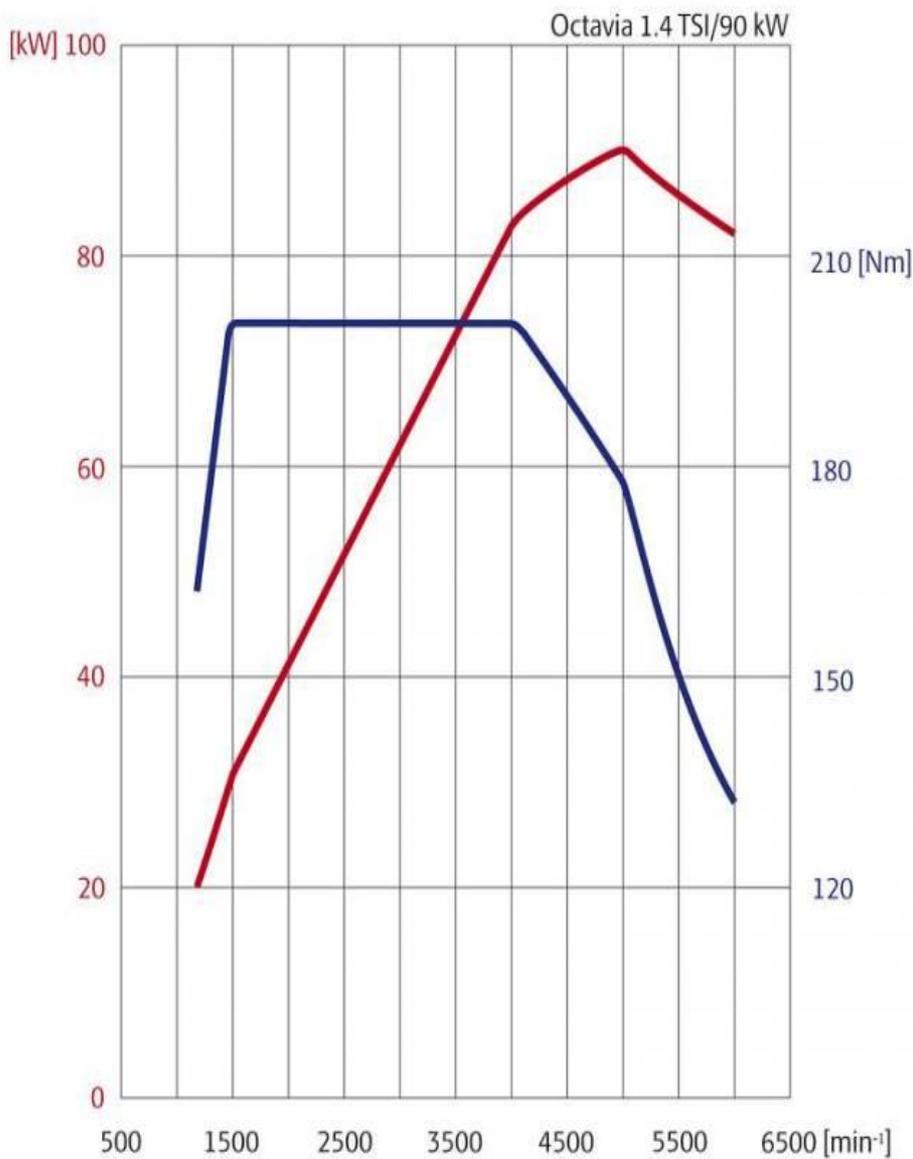


Турбины требовали некоторого времени на «раскрутку», когда при небольших нагрузках открывалась дроссельная заслонка, что приводило к задержке нарастания давления наддува. Этот эффект получил название **турбоямы**



Турбина хорошо подходит для обогащения кислородом топливной смеси. Но всё же имеет свои минусы:

- 3) переход с малых оборотов до высоких называется турбо — ямой, чем большую мощность имеет турбина, тем больше будет эффект турбо — ямы



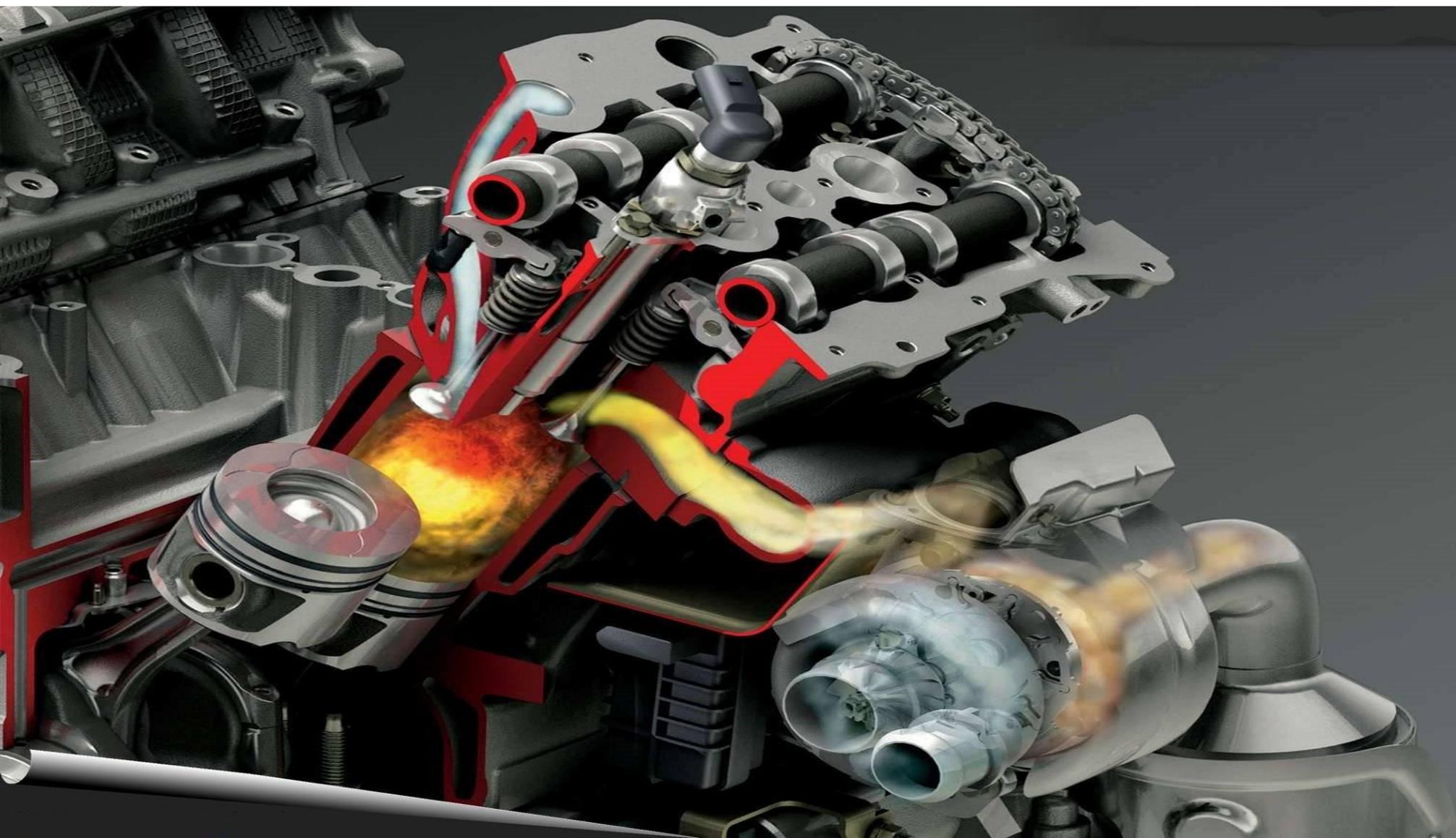
«Турбояма» - Двигатель с запаздыванием откликается на нажатие педали акселератора.
Причина в том, что турбокомпрессору в силу его инерционности, нужно время для увеличения оборотов и повышения подачи воздуха.



После выхода из «турбоямы» резко повышается давление наддува («турбоподхват»)



Явление «турбоямы» обусловлено инерционностью системы, т.е. давление воздуха создаваемое турбиной на малых оборотах, до 3000 об\мин. недостаточно что бы обеспечить нужным количеством воздуха заряд в цилиндре двигателя



Это влечет за собой несоответствие между производительностью турбокомпрессора и требуемой мощностью двигателя.

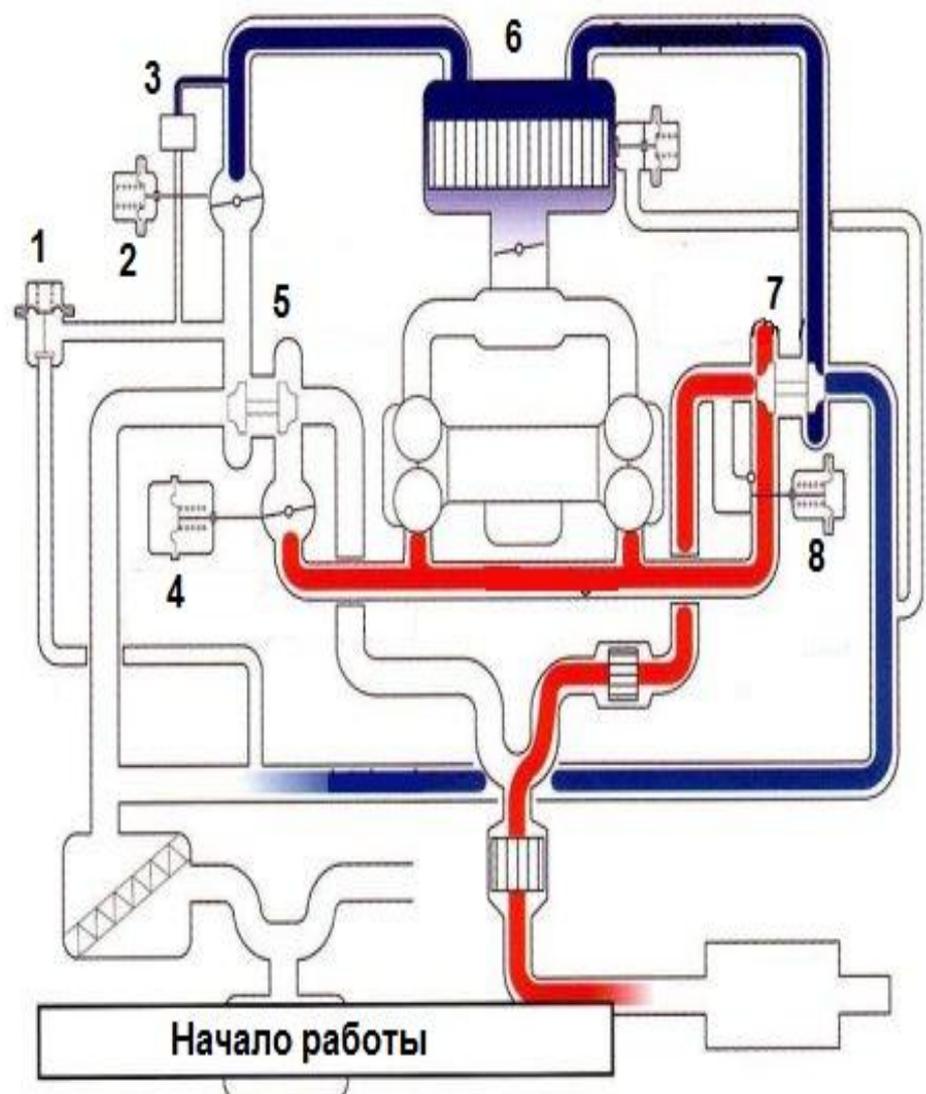
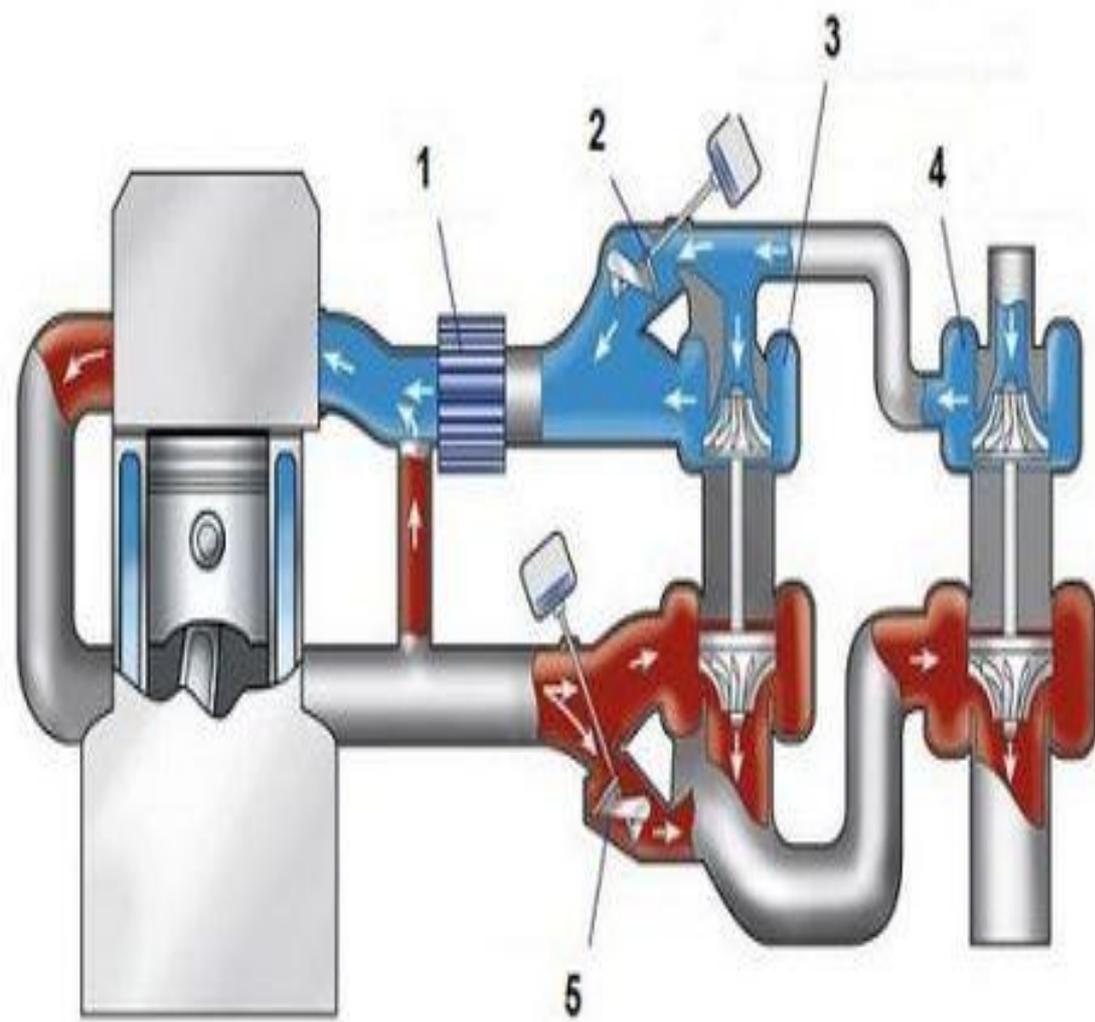
Для решения этой проблемы существуют следующие способы:

- 1) использование турбины с изменяемой геометрией;

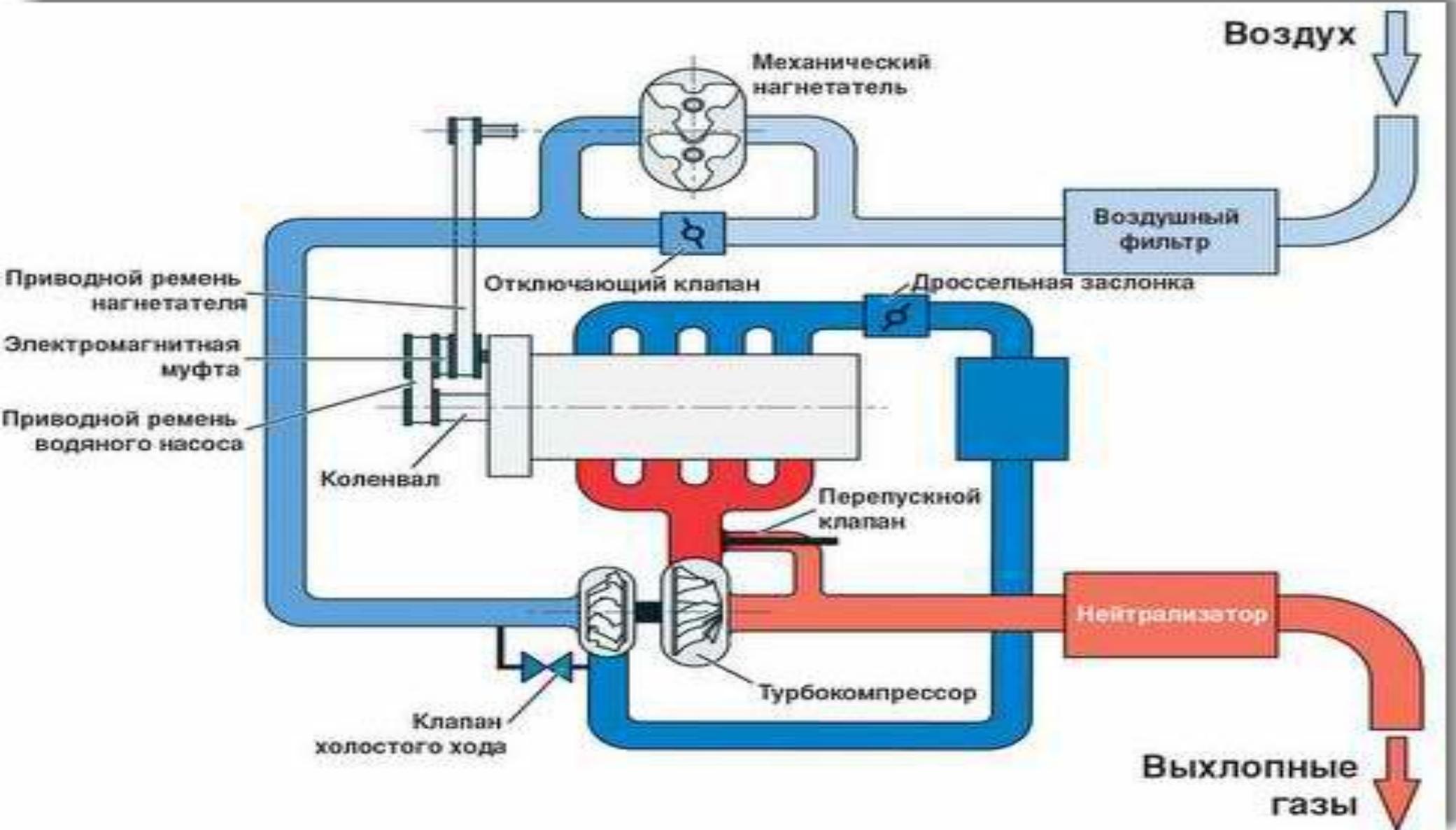


Для решения этой проблемы (турбоямы) существуют следующие способы

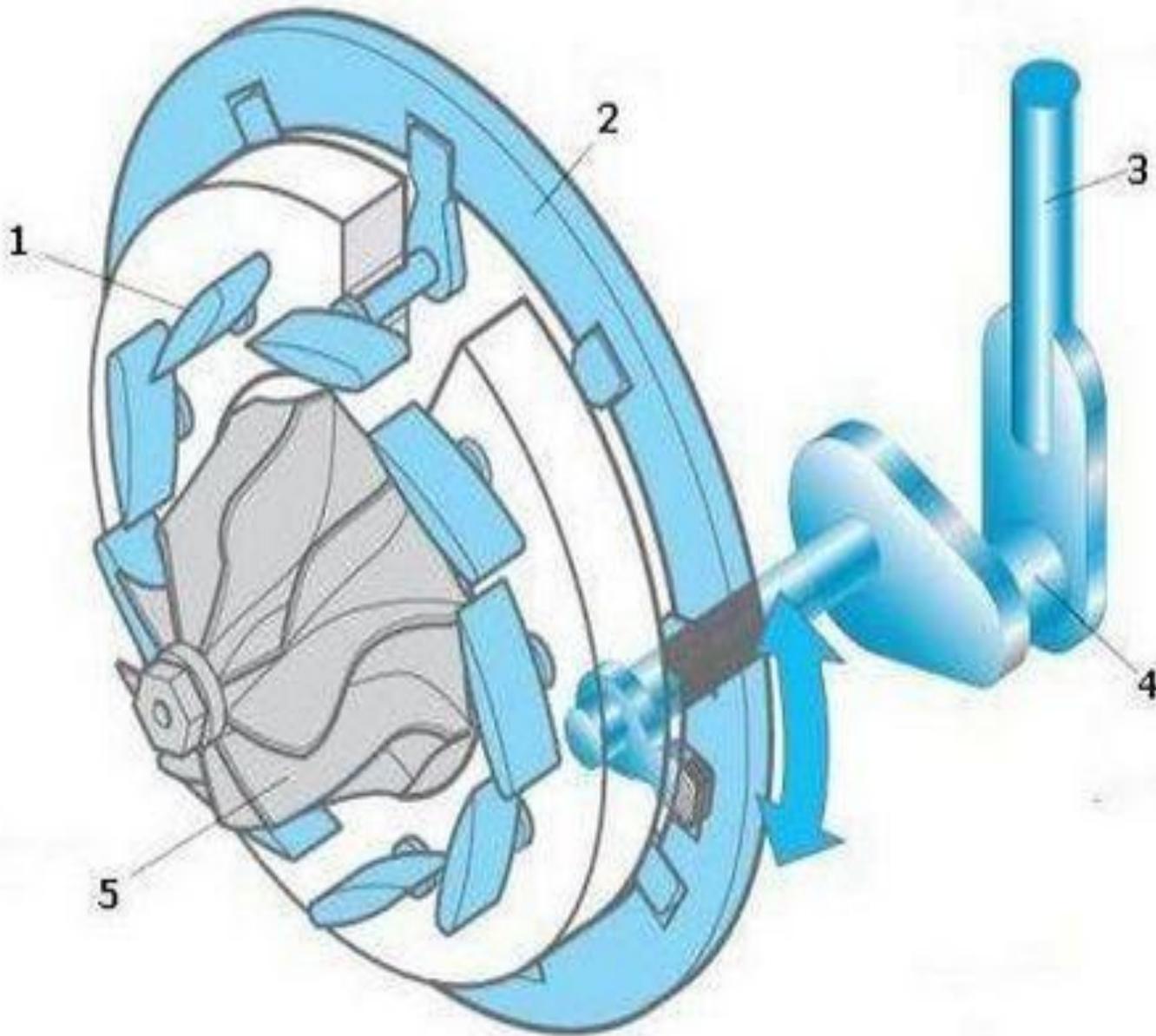
2) применение двух параллельных или последовательных компрессоров



Для решения этой проблемы (турбоямы) существуют следующие способы
3) комбинированный наддув

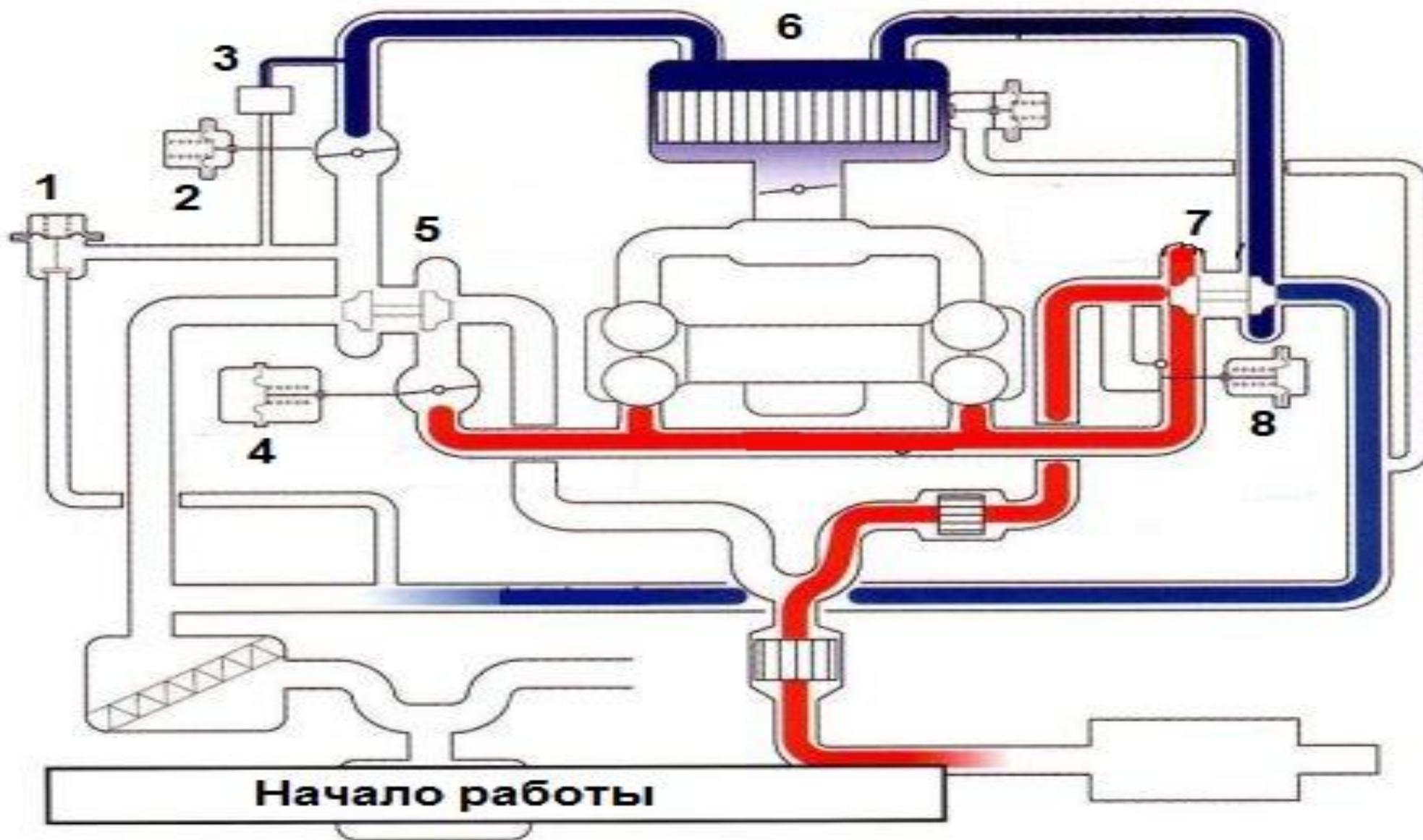


Турбина с изменяемой геометрией оптимизирует поток отработавших газов, изменяя площадь входного канала. Широко применяется в дизельных двигателях

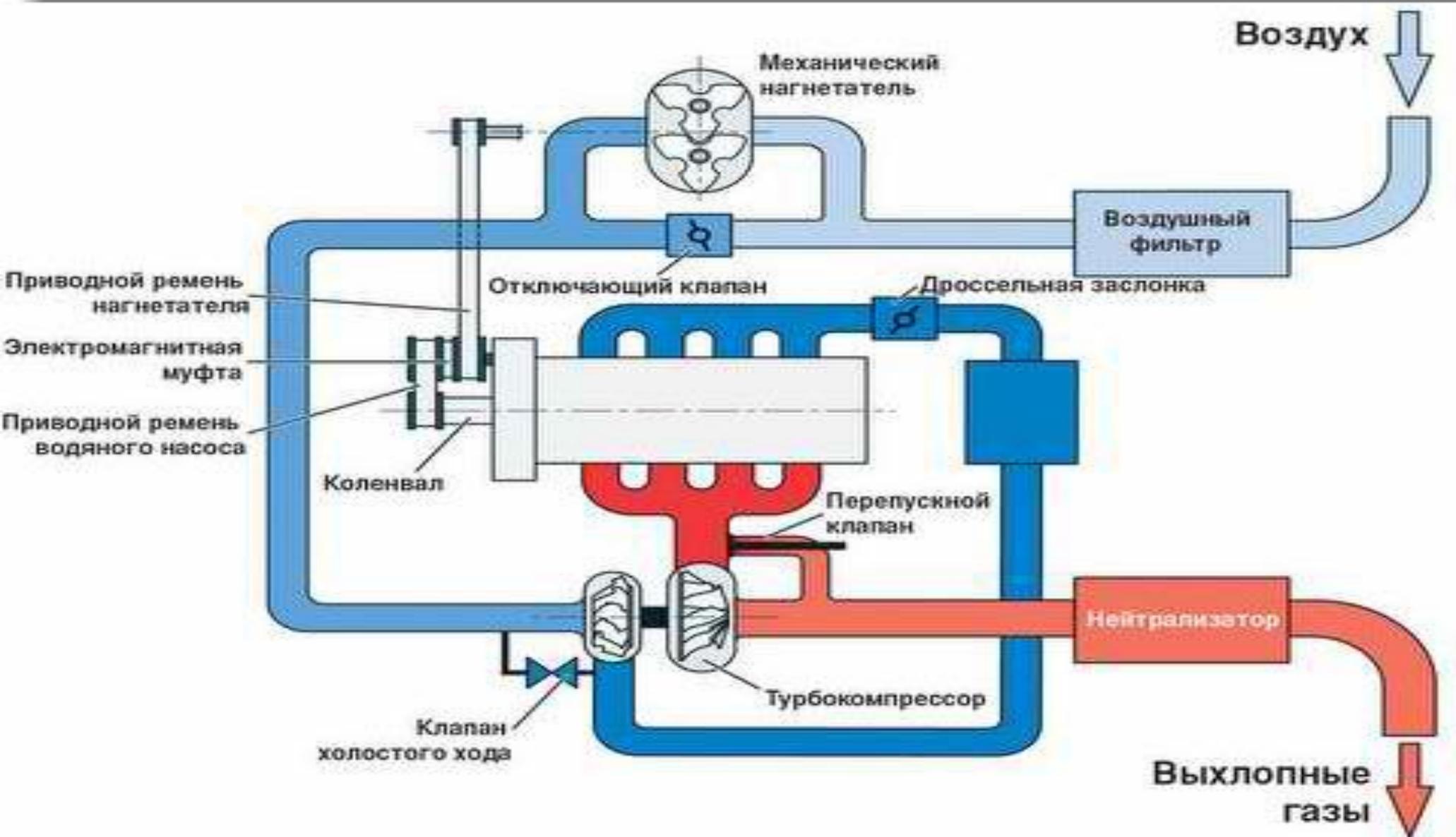


- Турбина с изменяемой геометрией:
1 — направляющие лопатки;
- 2 — кольцо;
- 3 — рычаг;
- 4 — тяга вакуумного привода;
- 5 — турбинное колесо.

Параллельно работающие турбокомпрессоры применяют для мощных V-образных двигателей (по одному на ряд цилиндров). Эта схема помогает решить проблему за счет того, что у двух маленьких турбин инерция меньше, чем у одной большой



Установка 2-х последовательных турбин позволяет достичь максимальной производительности, используя разные компрессоры при разных оборотах двигателя

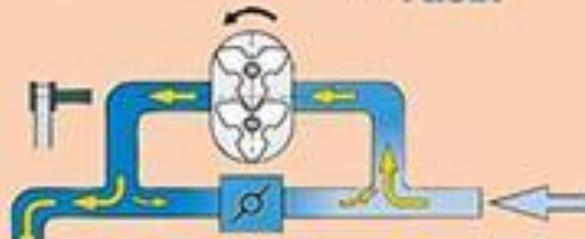


При комбинированном наддуве применяется и механический, и турбонаддув. При работе двигателя на низких оборотах работает механический нагнетатель. При увеличении оборотов включается турбокомпрессор, а механический нагнетатель останавливается

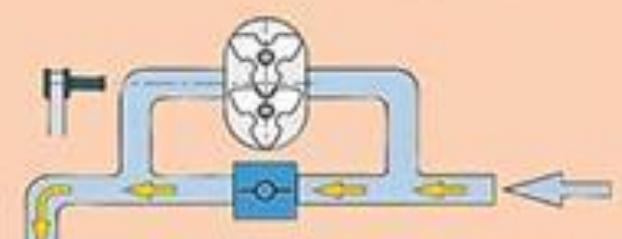
Схема работы двухкомпрессорного наддува



До 2500 об/мин перепускная заслонка закрыта. Эффективно работать может только механический компрессор.

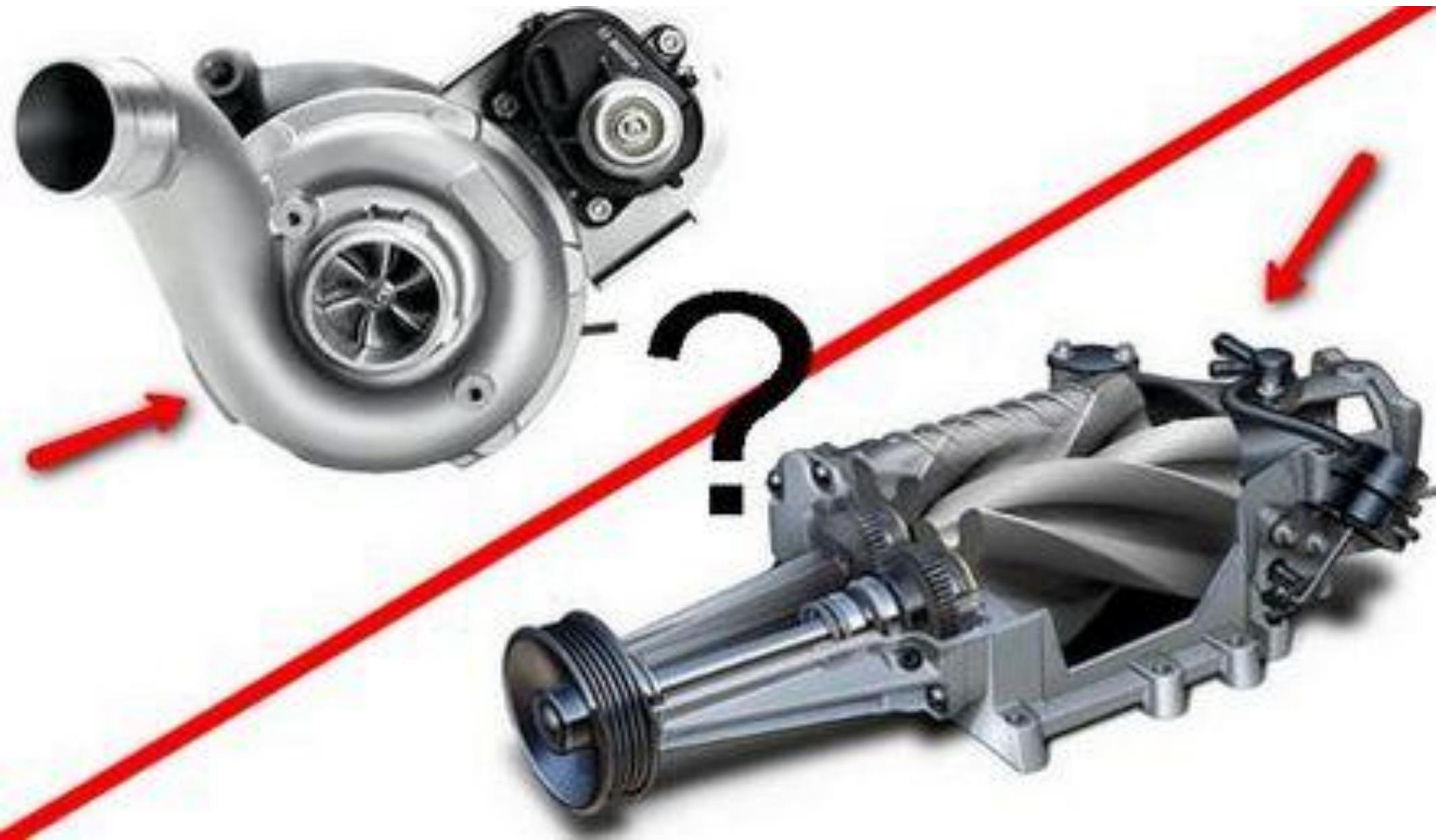


В режиме 2500-3500 об/мин для регулирования давления наддува электроника приоткрывает заслонку на определенный угол.

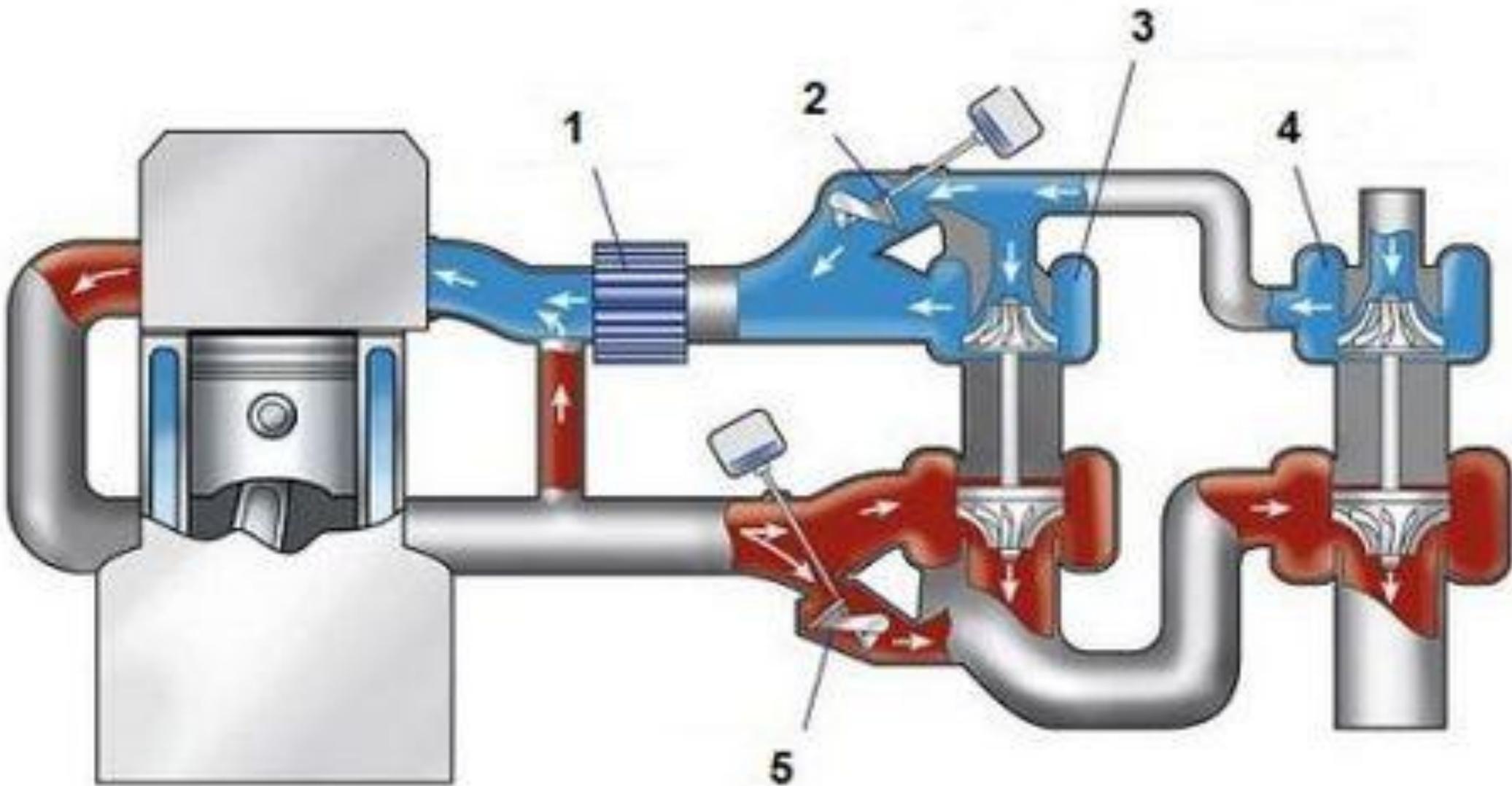


В зависимости от нагрузки до 3500 об/мин заслонка полностью открывается, а компрессор выключается. Воздух нагнетает турбокомпрессор.

В наше время уже имеются турбины, отлично работающие на высоких и на низких оборотах двигателя, но и цена у них соответственно приличная. При выборе компрессора или турбины, многие отдают предпочтение турбо-наддуву, независимо от цены.



Для того чтобы увеличить диапазон частот вращения двигателя, при которых турбонаддув обеспечивает повышение давления, применяются по два турбокомпрессора на одном двигателе. Один турбокомпрессор работает при низких оборотах, а второй при **ВЫСОКИХ**



Принцип регулирования заключается в ограничении частоты вращения турбокомпрессора после достижения необходимого давления наддува. С этой целью используется специальный перепускной клапан, который ограничивает количество отработавших газов, проходящих через турбину

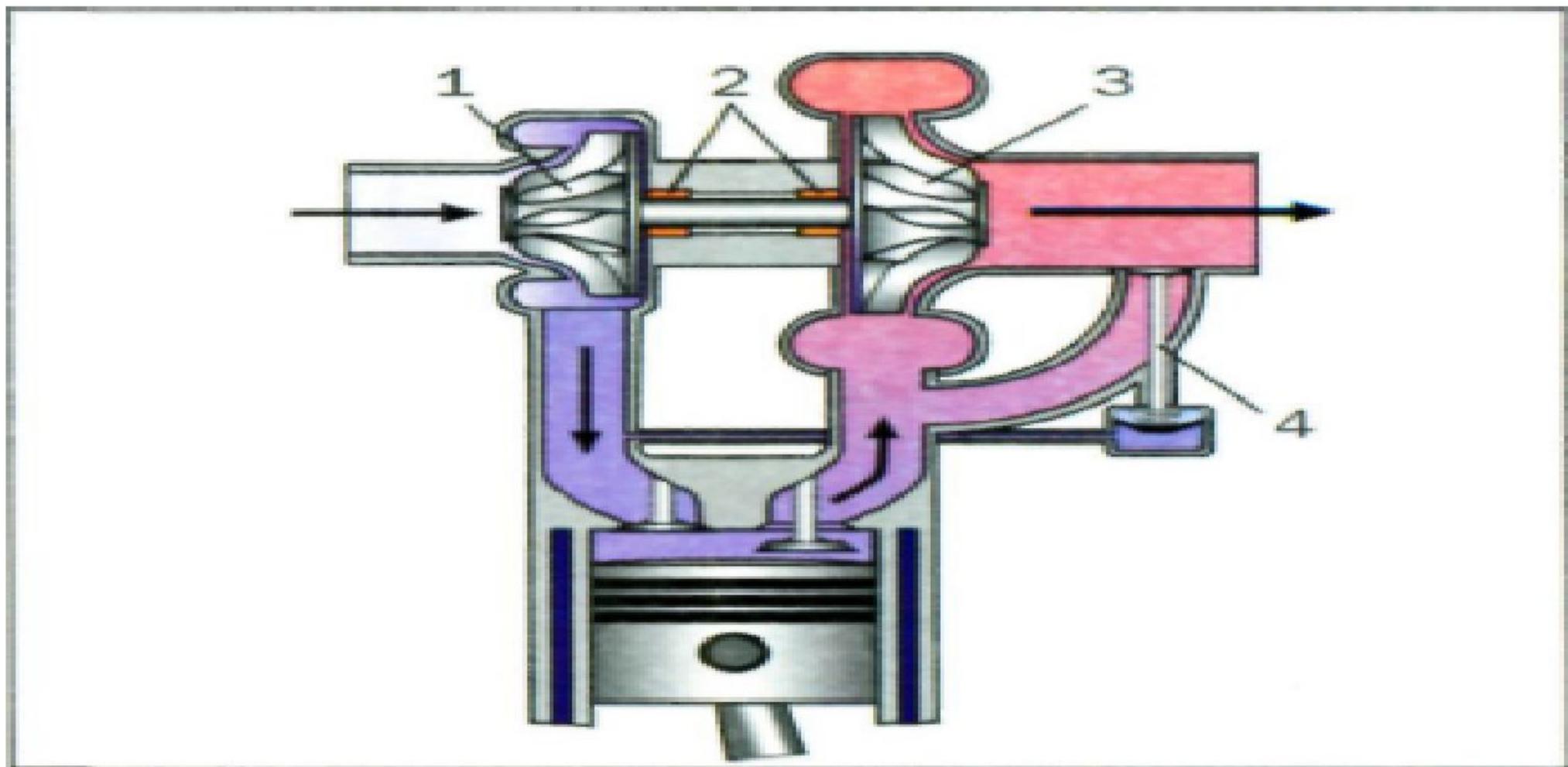
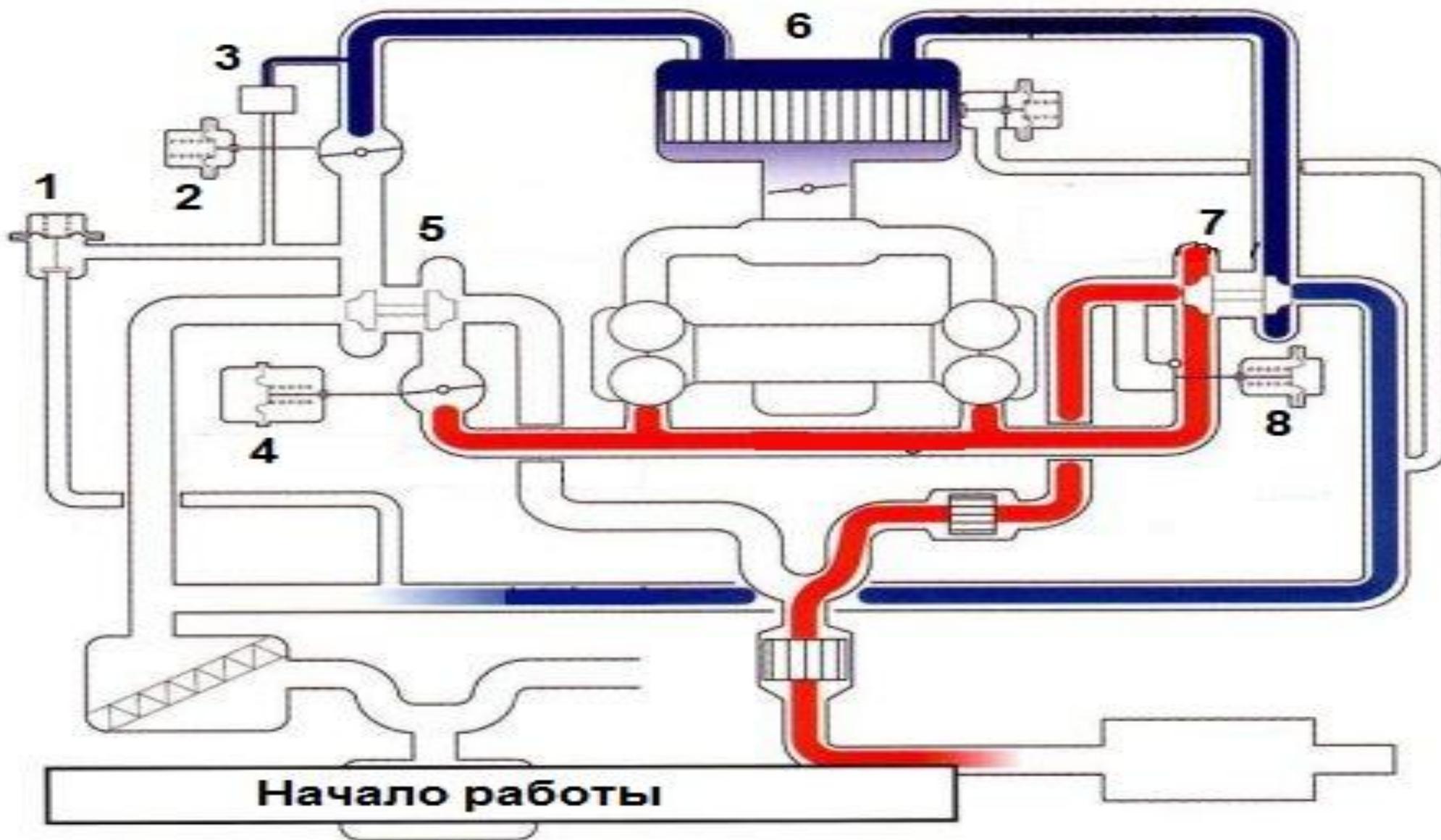


Рис. 2.105. Регулирование наддува: 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора; 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

В системе выпуска перед турбиной имеется обводной (байпасный) канал, который дает возможность отработавшим газам миновать турбину. Этот канал открывается перепускным клапаном. Чувствительным элементом клапана является подпружиненная мембрана, на которую воздействуют две противоположно направленные силы: сила сжатия пружины и давление воздуха после турбокомпрессора



При достижении заданного давления наддува мембрана прогибается, сжимая пружину, а соединенный с мембраной клапан открывает обводной канал. Давление наддува можно отрегулировать предварительным сжатием пружины

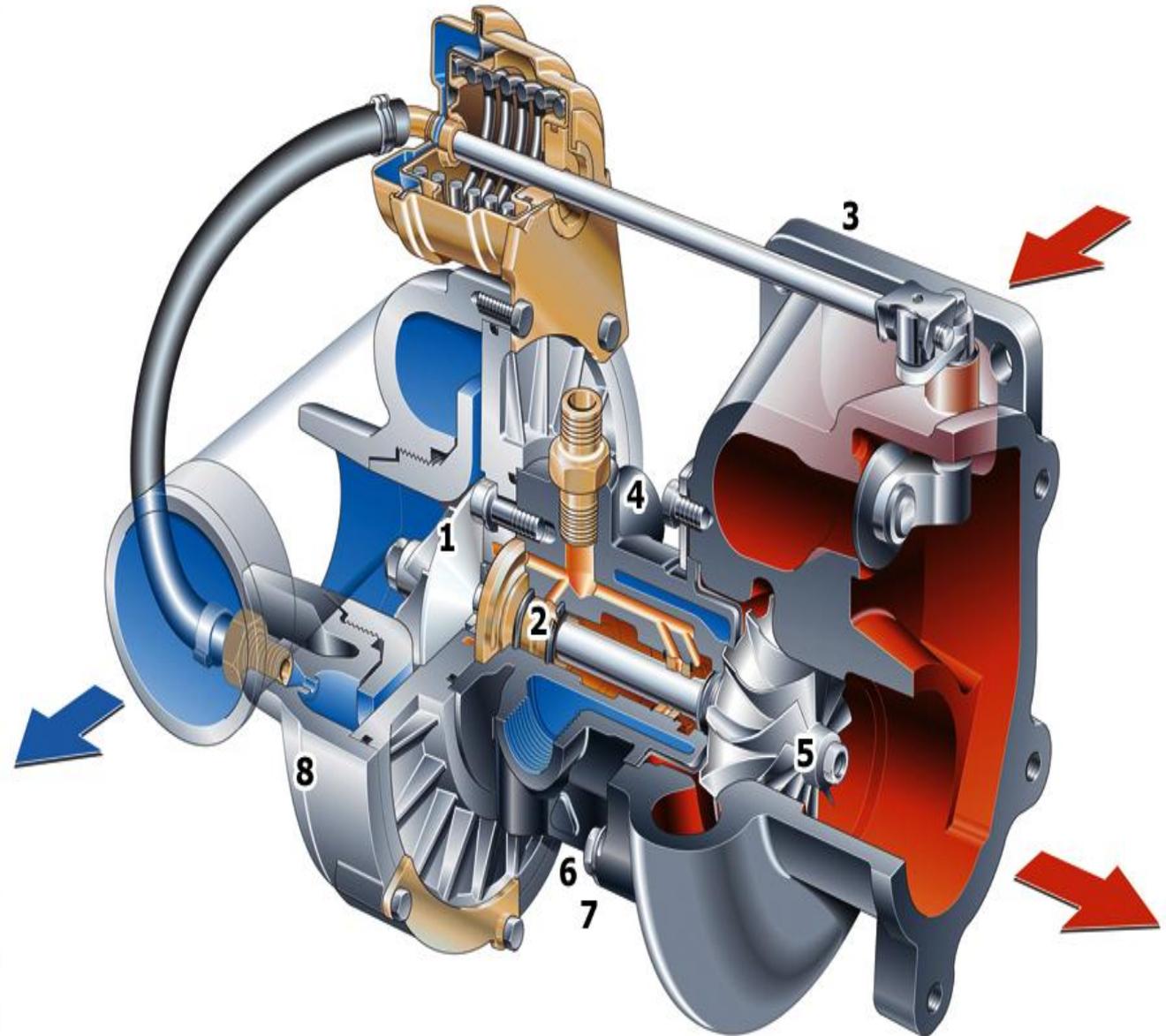
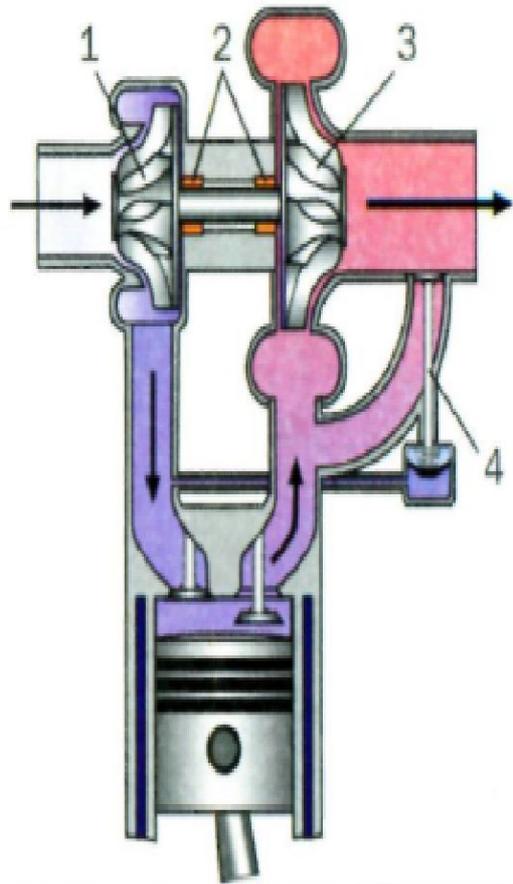


Рис. 2.105. Регулирование наддува: 1 — колесо компрессора; 2 — подшипники ротора 3 — колесо турбины; 4 — перепускной клапан

В современных двигателях с турбонаддувом максимальное давление наддува регулируется системой управления двигателем. Компьютер получает сигнал от датчика абсолютного давления, сравнивает его с величиной номинального значения давления, содержащимся в памяти, и управляет электромагнитным перепускным клапаном. Работа электромагнитного клапана корректируется в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов двигателя.

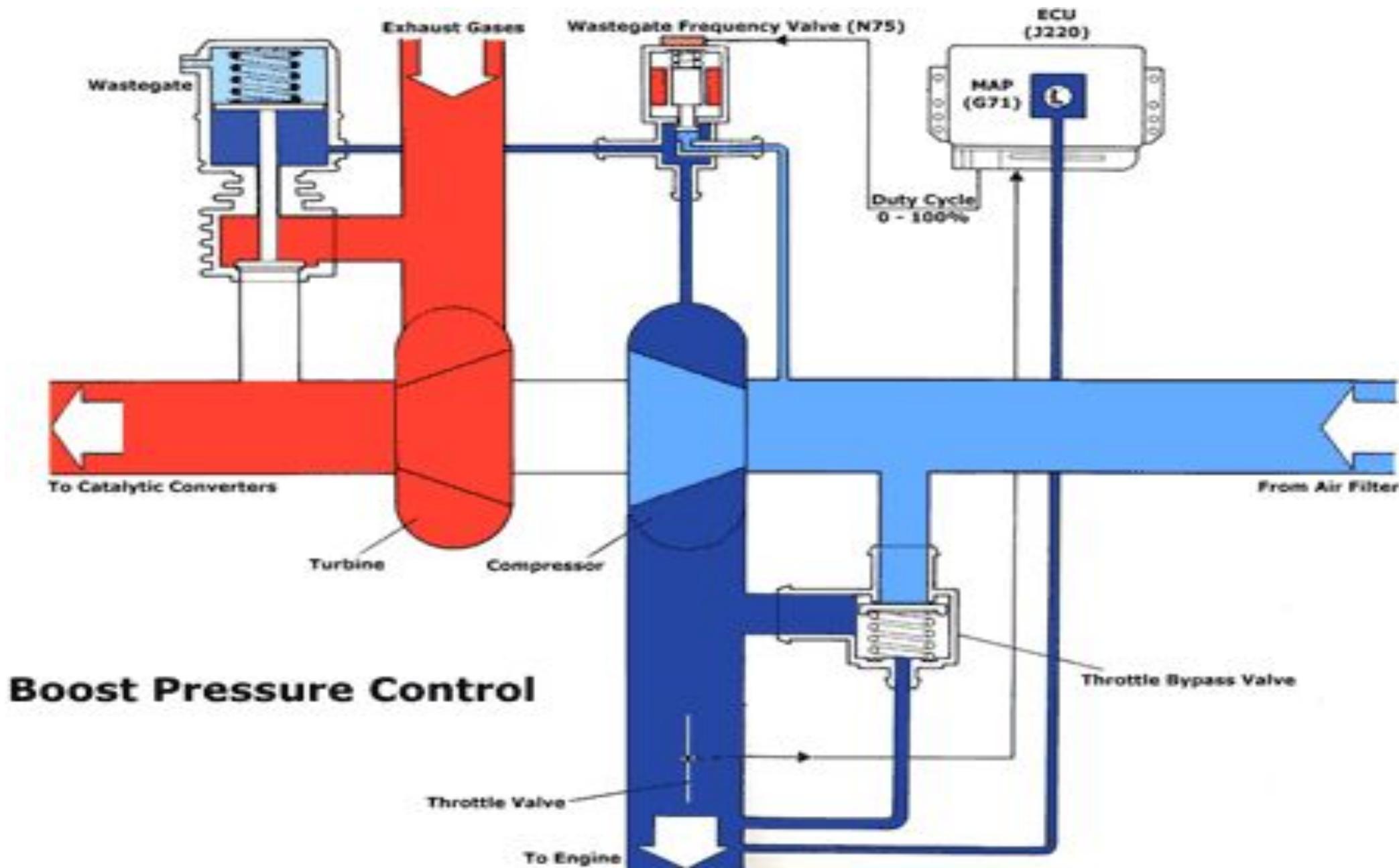


Схема работы двухкомпрессорного наддува



THE END

