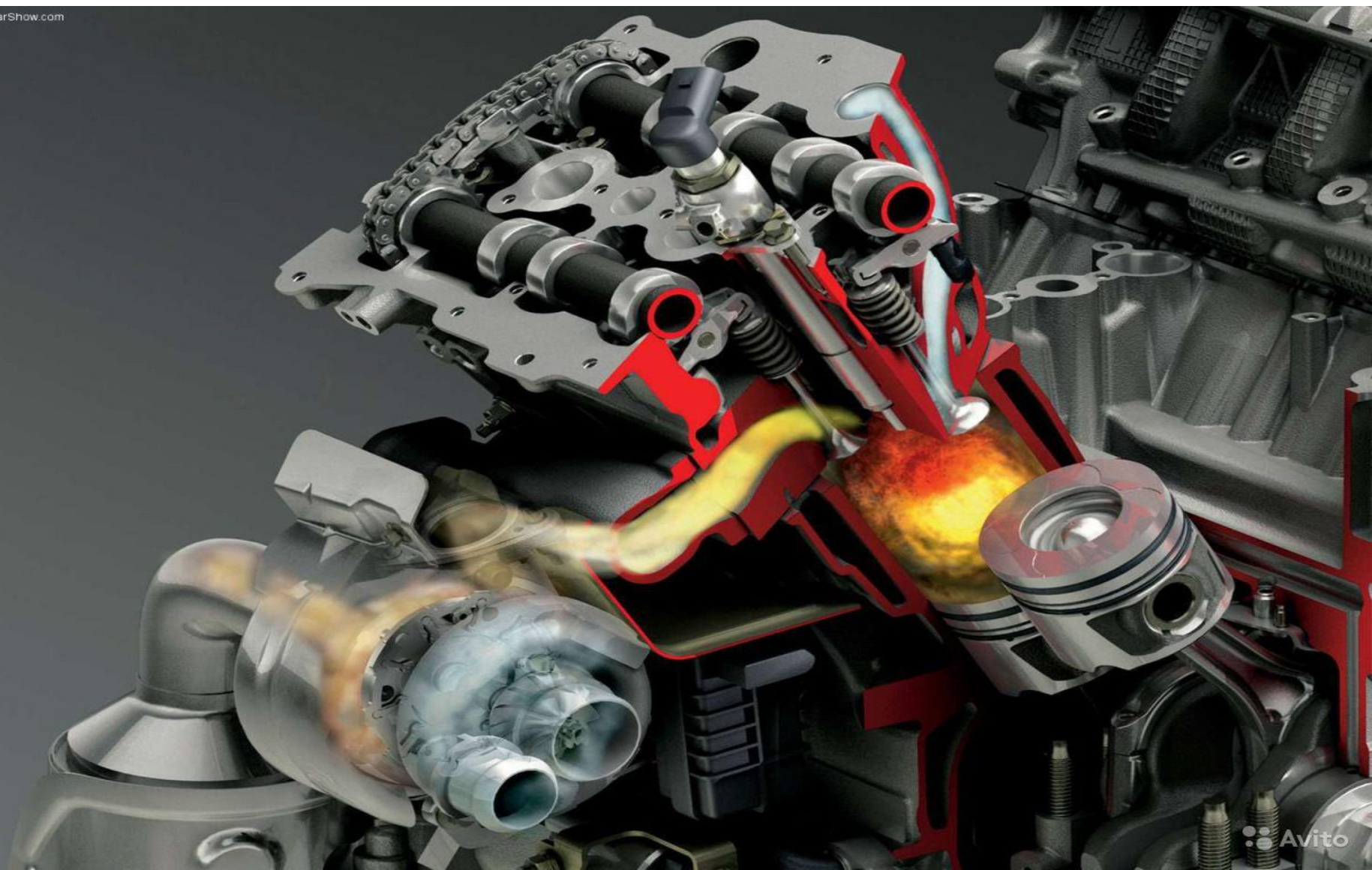
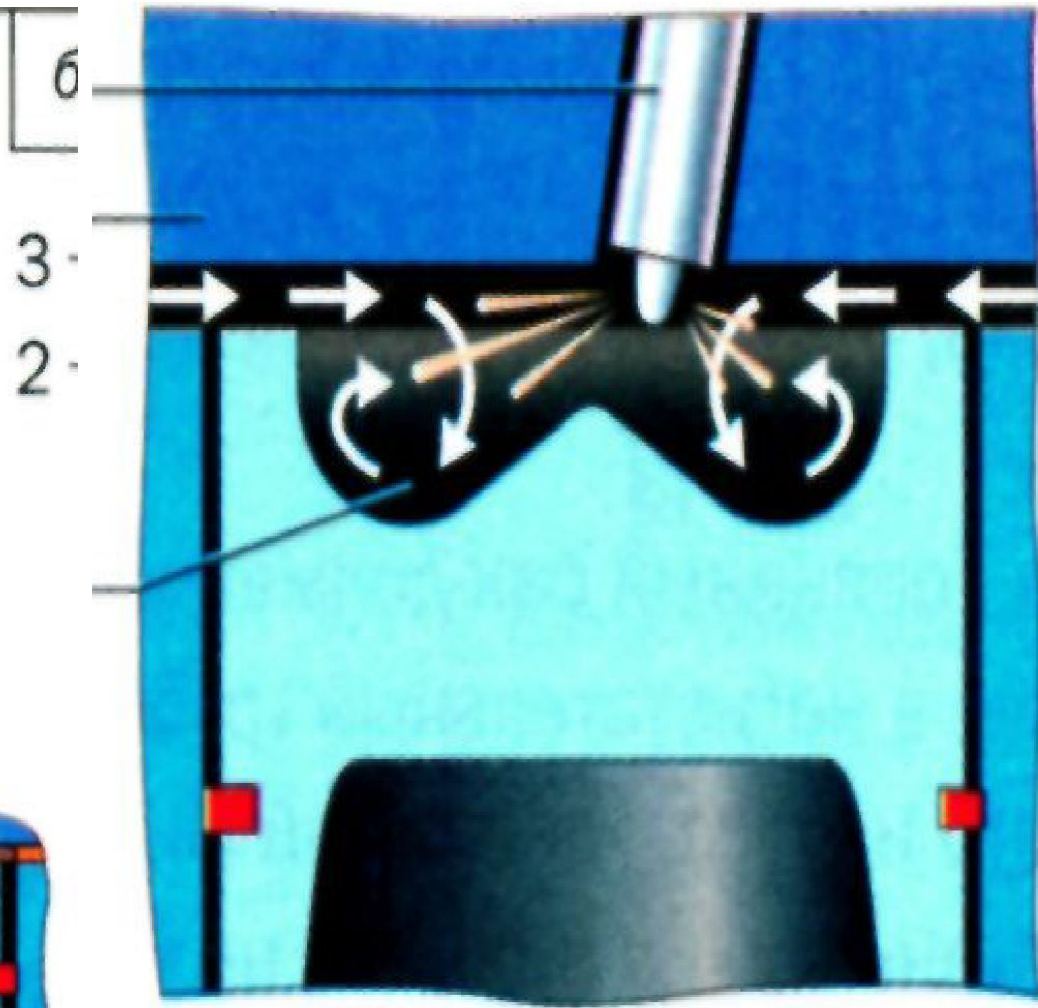
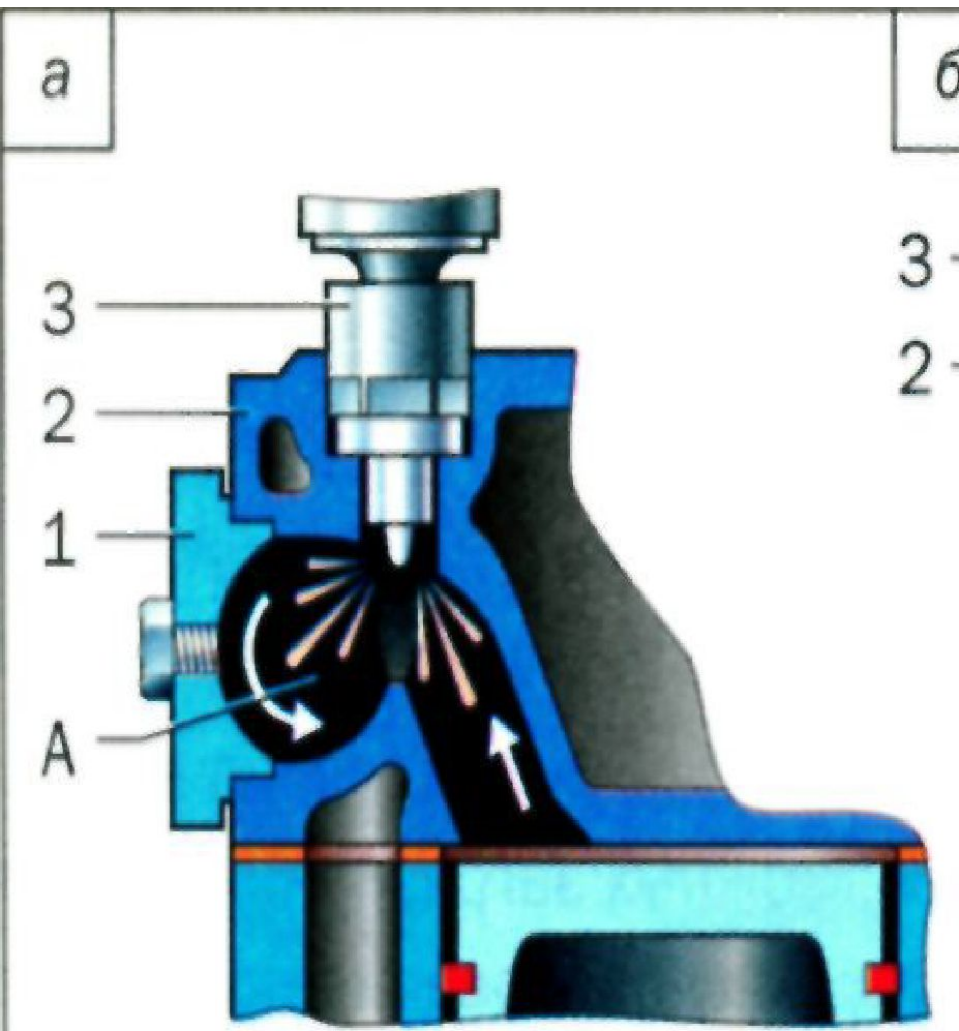


Смесеобразование в дизелях

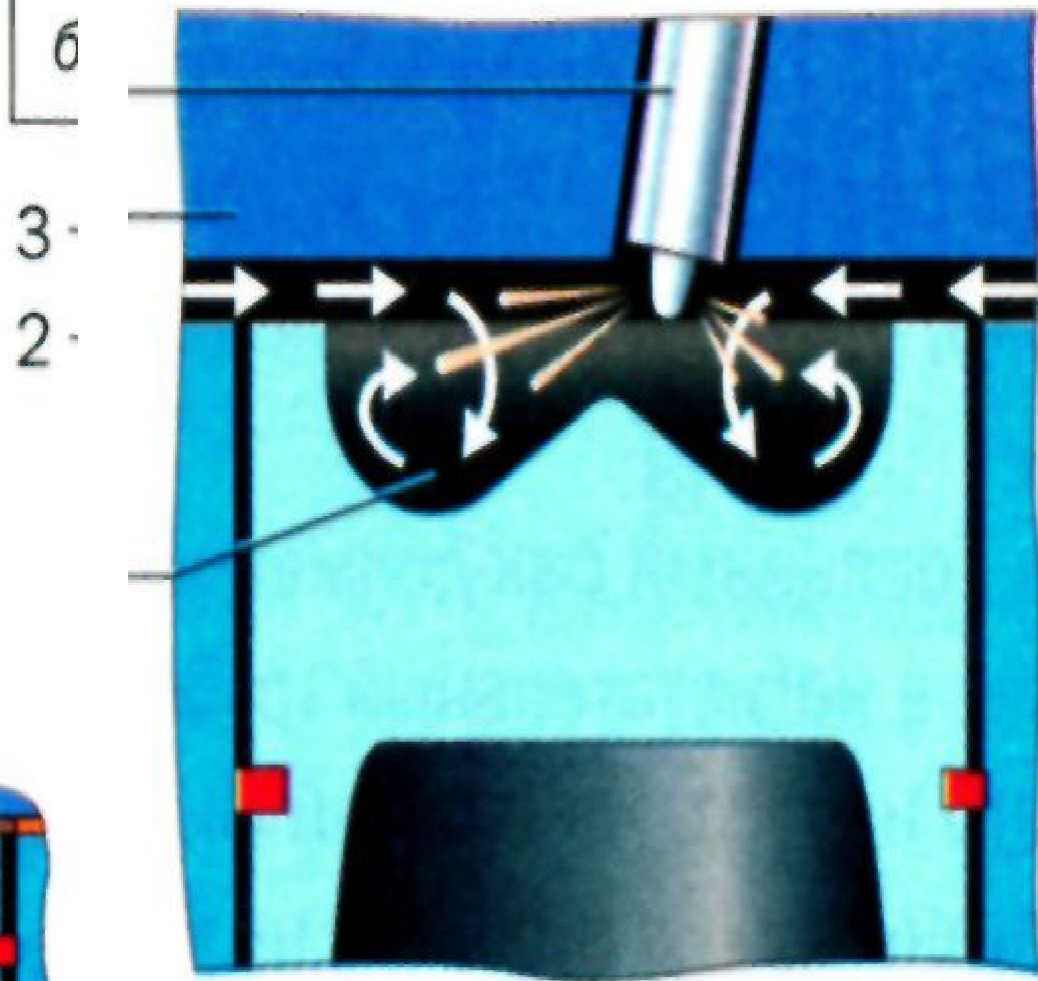
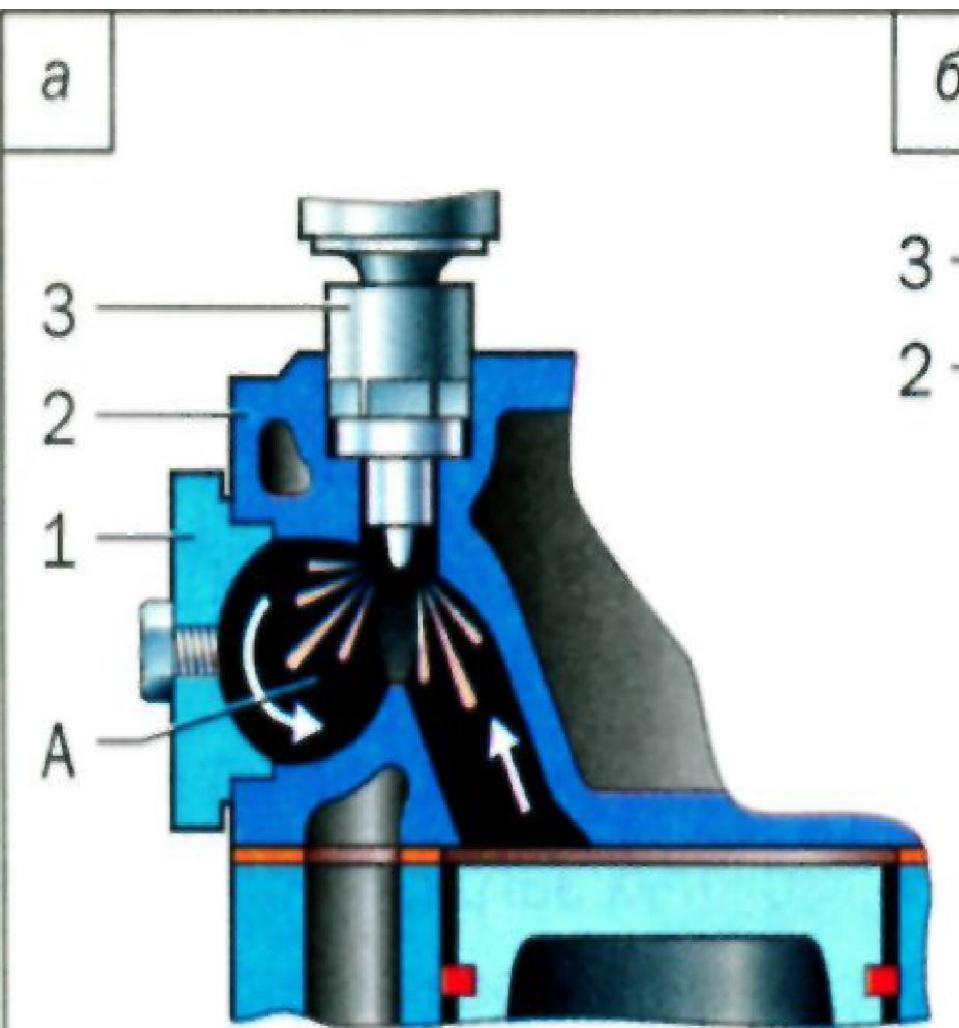
www.NetCarShow.com



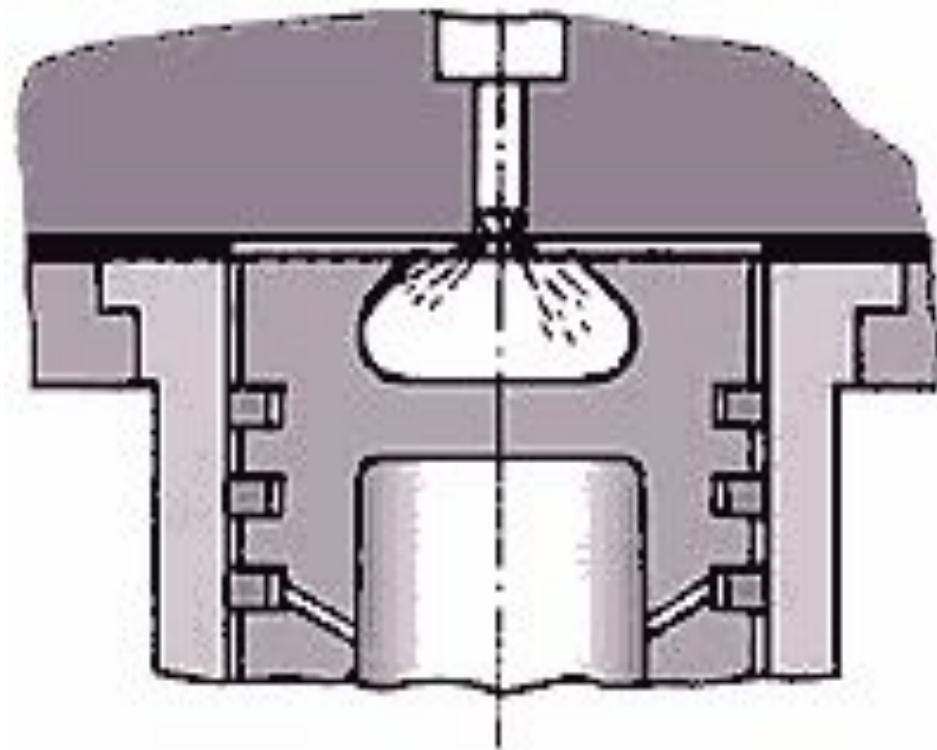
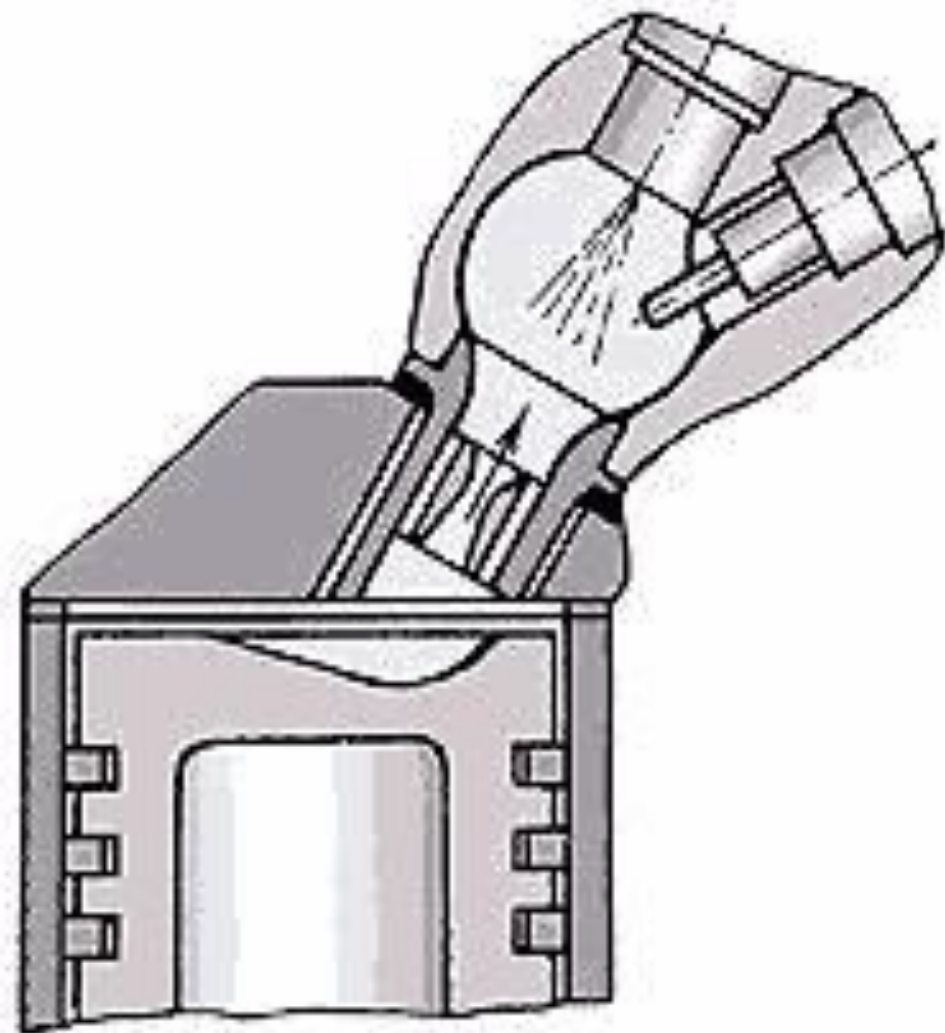
Существует два варианта процесса смесеобразования в дизелях, обусловленных формой камеры сгорания. В первом варианте топливо впрыскивается в предварительную камеру (предкамеру), а во втором варианте впрыск топлива осуществляется непосредственно в камеру сгорания, выполненную в поршне



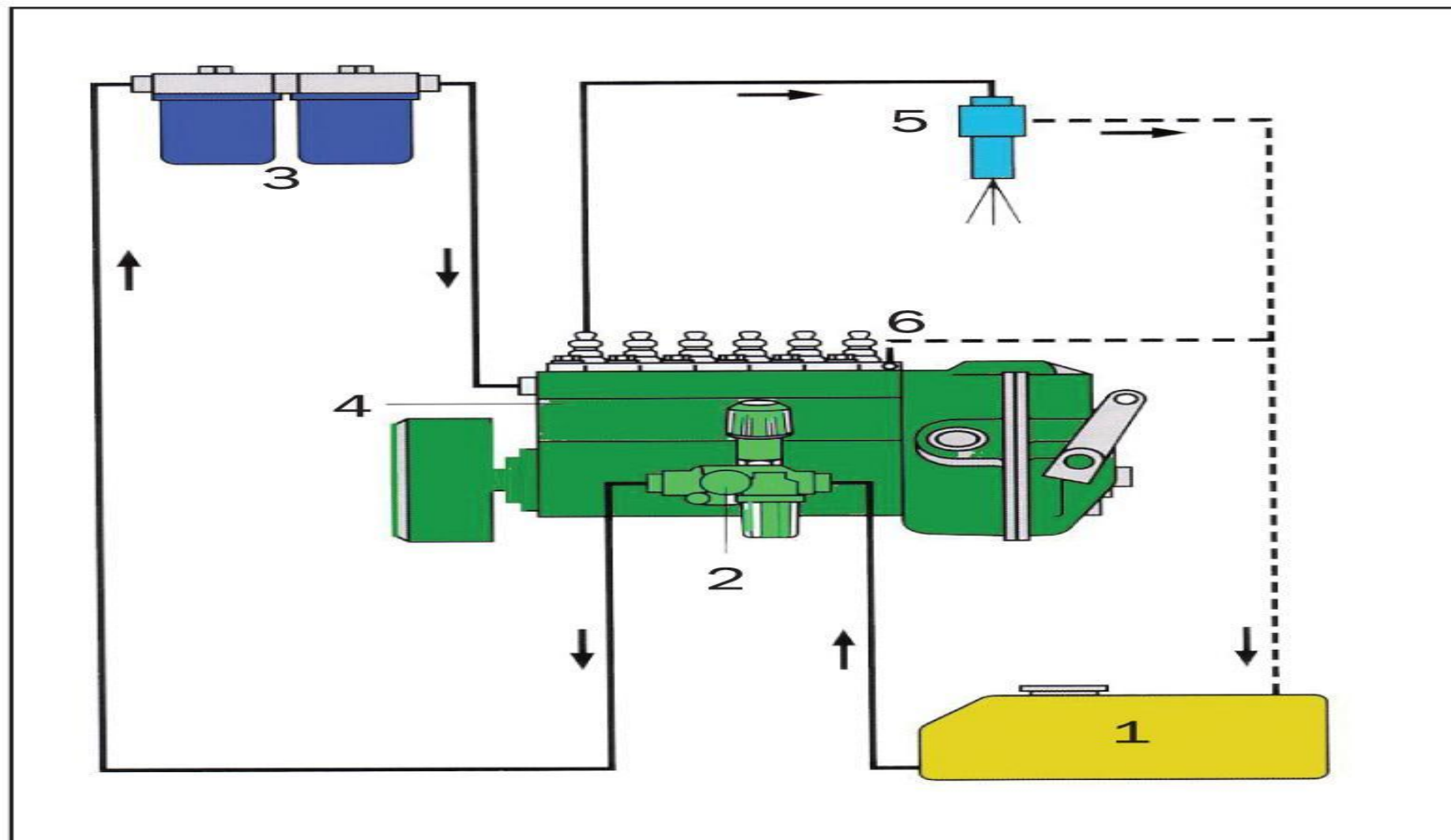
Двигатели, выполненные по первому варианту, называются дизелями с разделенной камерой сгорания и обозначаются IDI (In Direct Injection), а выполненные по второму варианту — дизелями с непосредственным впрыском — DI (Direct Injection).



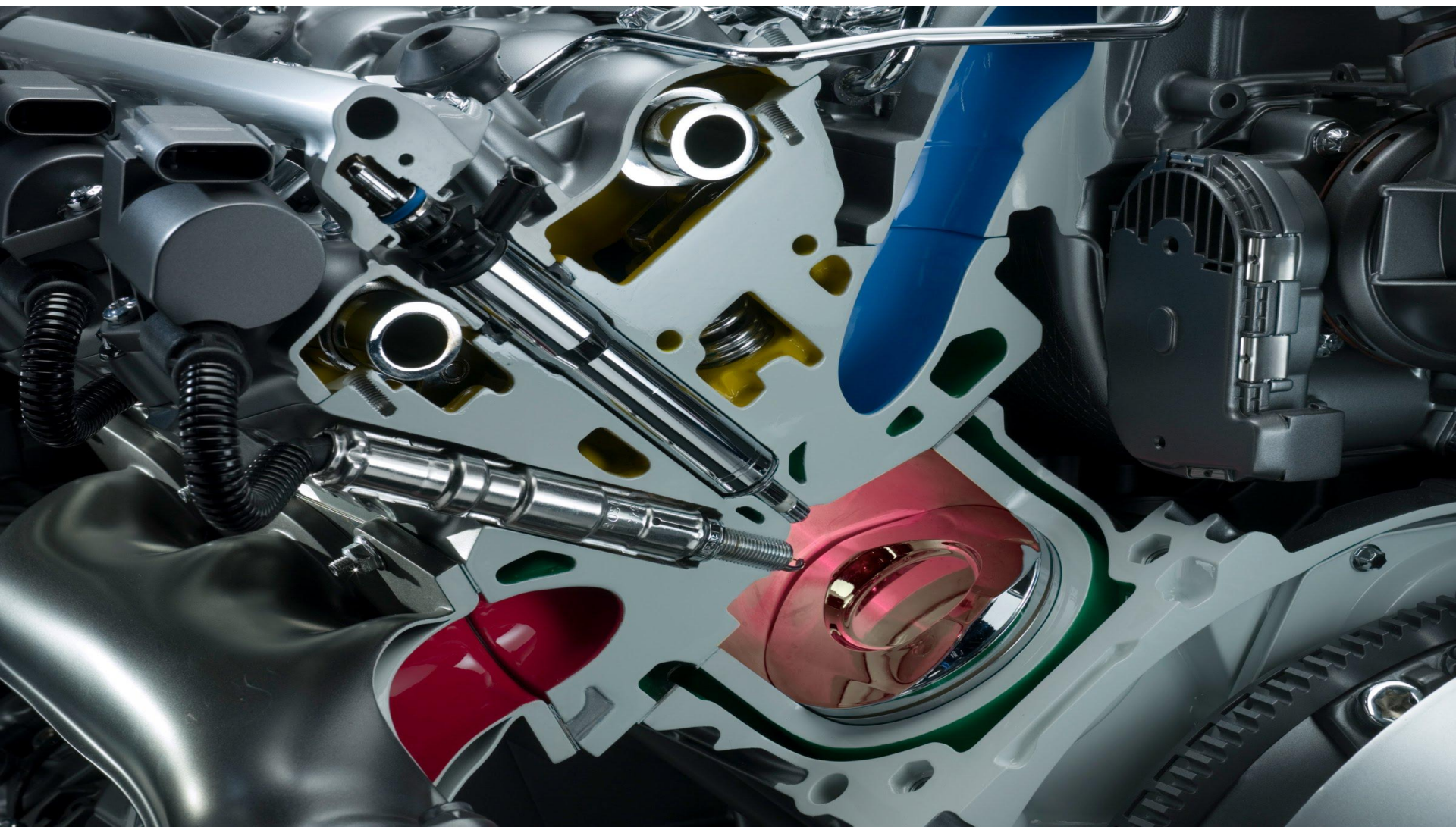
Дизели с разделенной камерой сгорания мягче работают и меньше шумят. Тем не менее двигатели с непосредственным впрыском все более широко используются на автомобилях, потому что их топливная экономичность примерно на 20 % выше



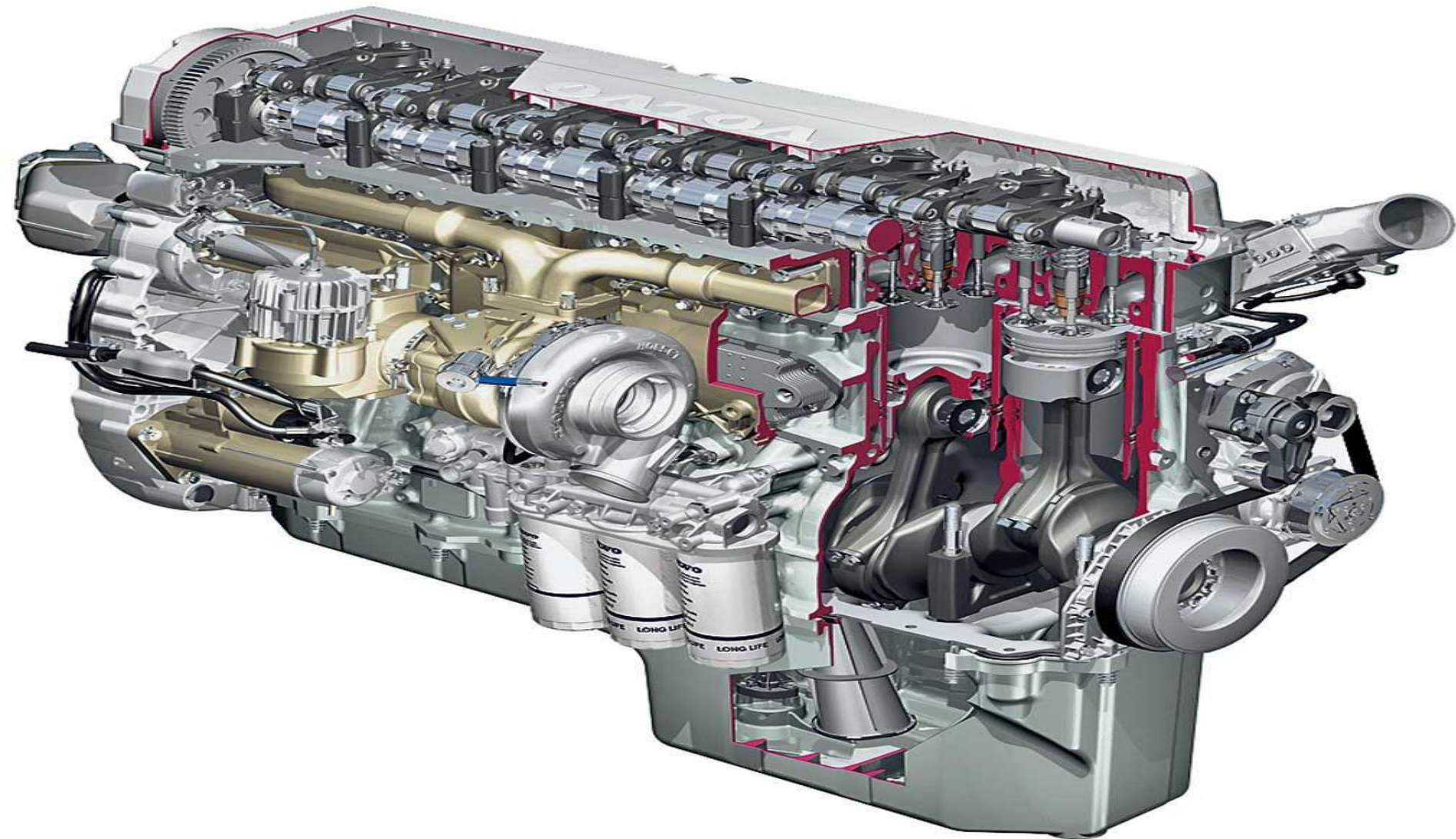
Основной функциональной задачей систем питания двигателей обоих типов является подача точного количества топлива в соответствующий цилиндр и в точно определенное время



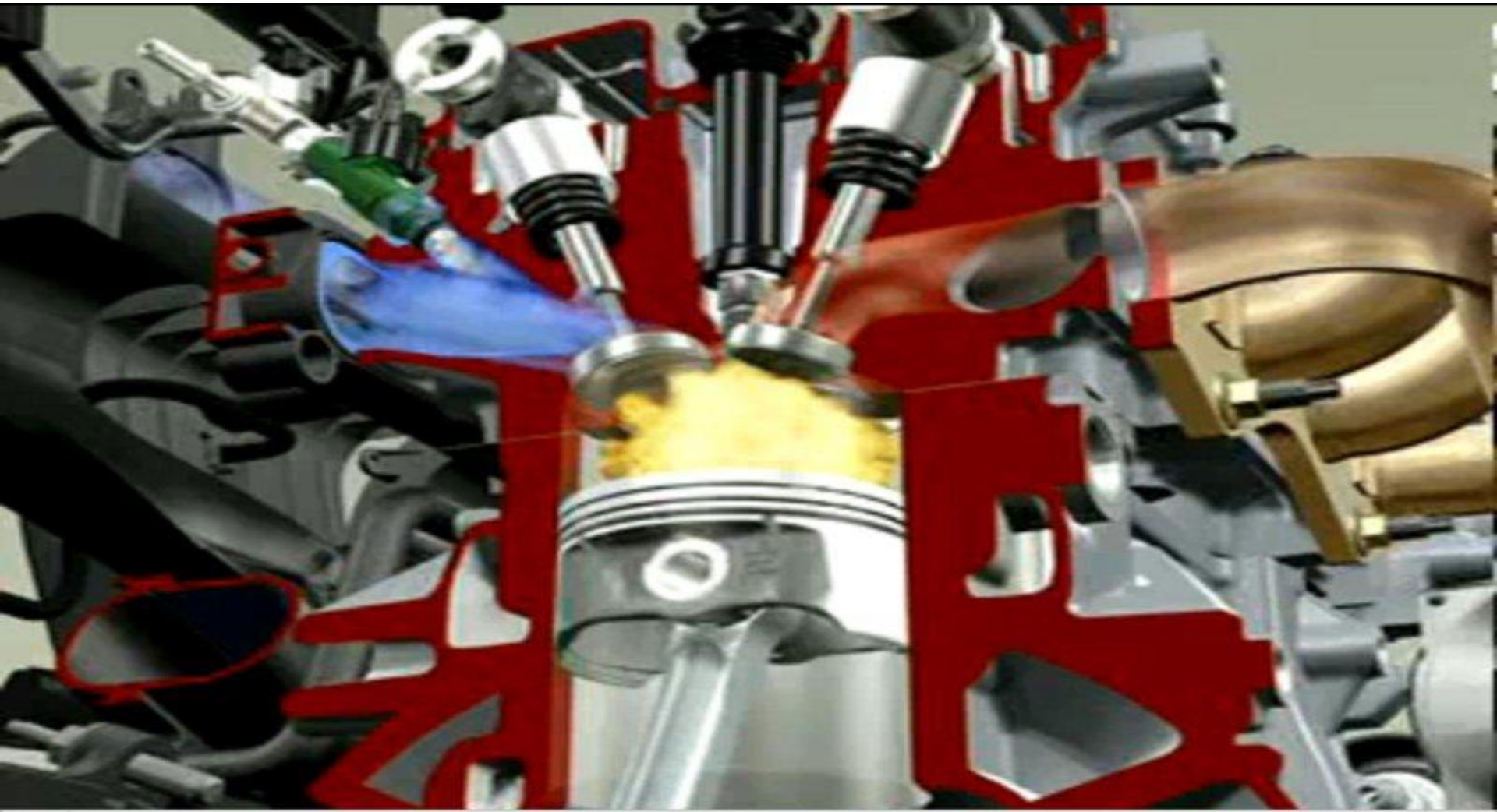
В высокооборотных дизелях легковых автомобилей процесс впрыска занимает всего **тысячную долю секунды**, и при этом впрыскивается только небольшая доза топлива



Особенностью двигателей с самовоспламенением от сжатия, или, как их принято называть, дизелей (по имени изобретателя Дизеля), является приготовление горючей смеси топлива с воздухом внутри цилиндров



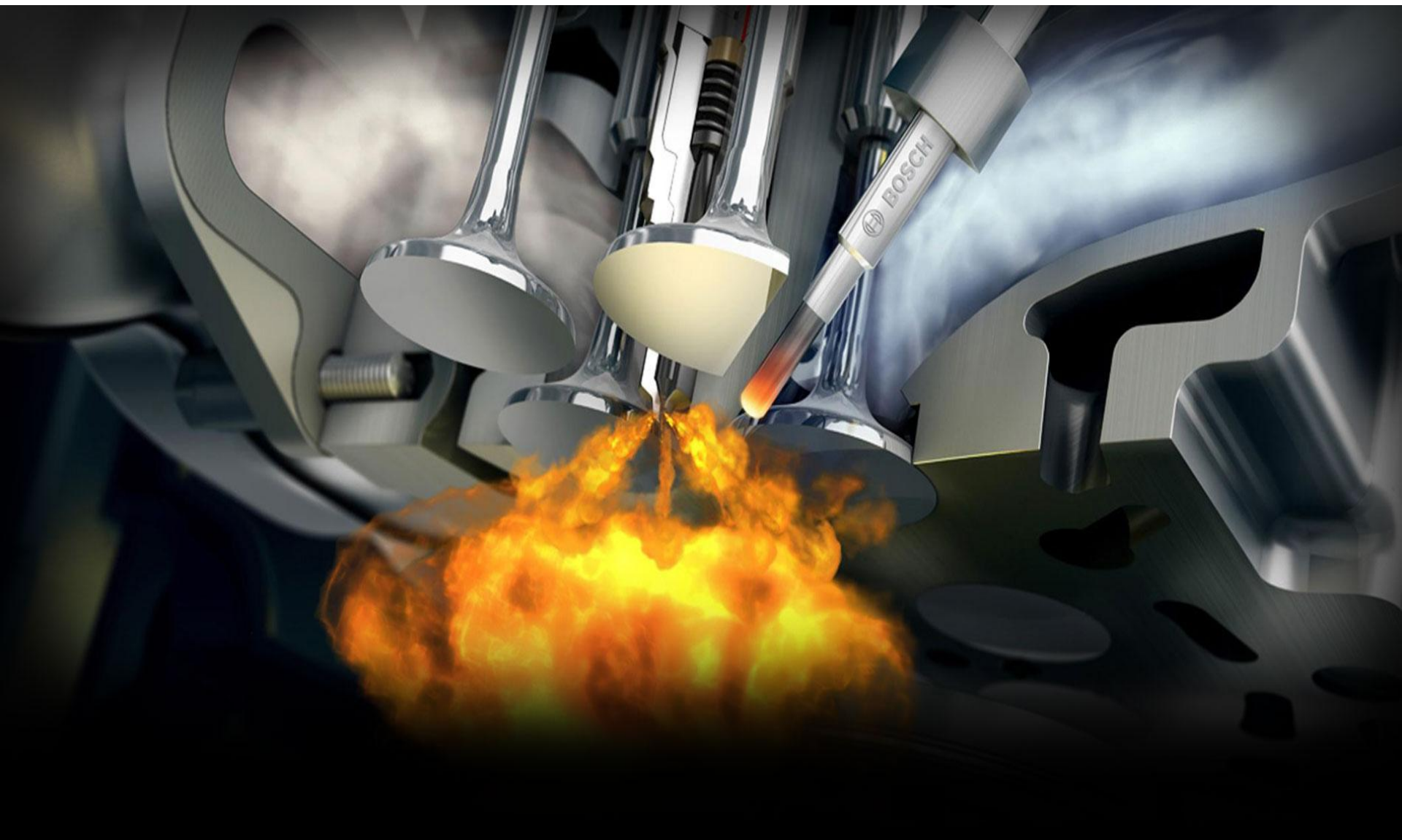
В дизелях смесеобразование происходит внутри цилиндра. Оно начинается в момент начала впрыскивания топлива и заканчивается в конце его сгорания



В дизелях топливо поступает от насоса высокого давления и впрыскивается форсунками в цилиндры под давлением, в несколько раз превышающим давление воздуха в конце такта сжатия.



Смесеобразование начинается с момента поступления топлива в цилиндр. При этом в результате трения о воздух струя топлива распыляется на мельчайшие частицы, которые образуют топливный факел конусообразной формы. Чем мельче распылено топливо и чем равномернее распределено оно в воздухе, тем полнее сгорают его частицы

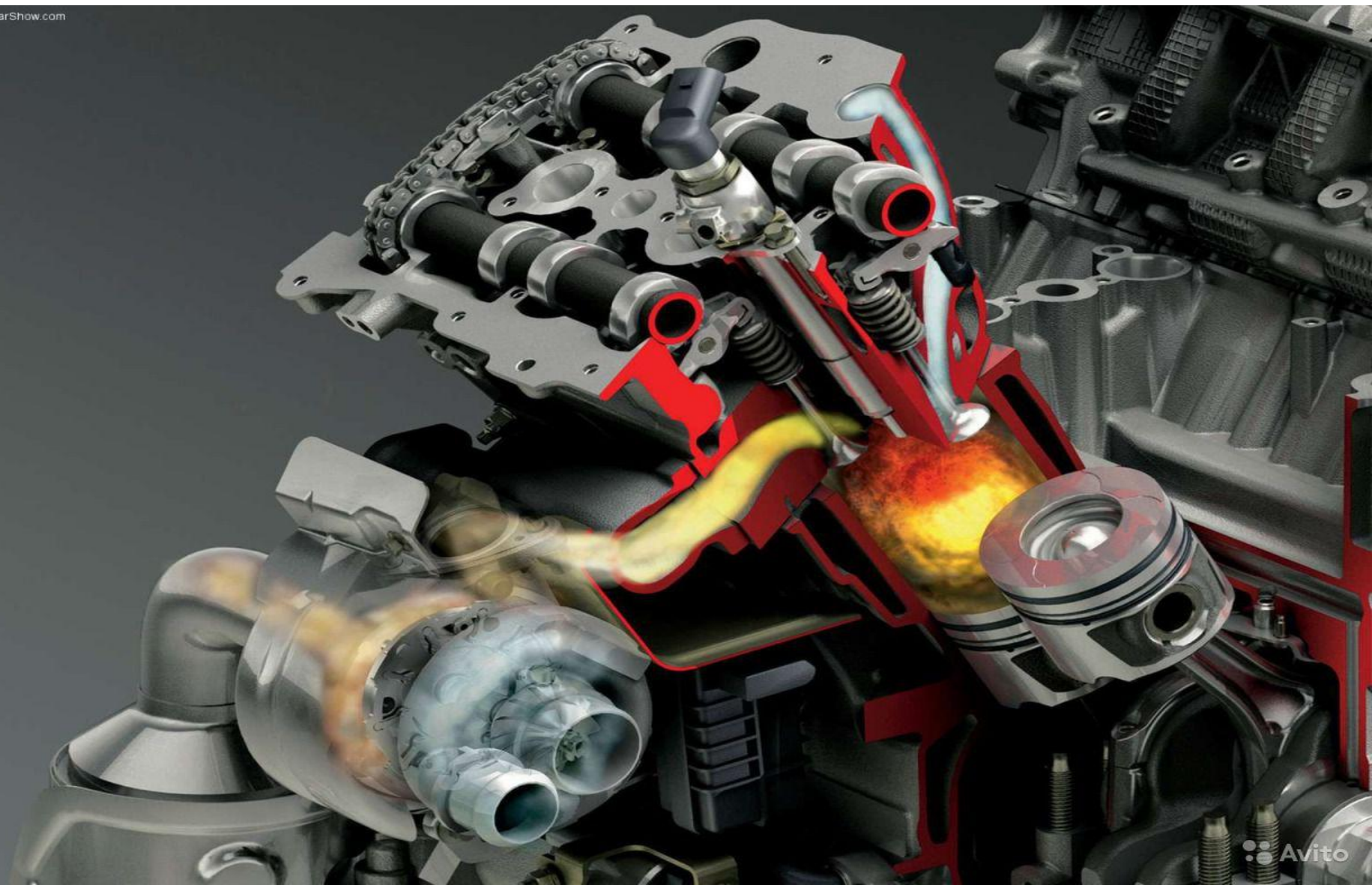


Испарение и воспламенение топлива осуществляются за счет высокой температуры и давления сжатого воздуха (к концу такта сжатия температура воздуха составляет 550...700 °С, а давление — 3,5... 5,5 МПа).

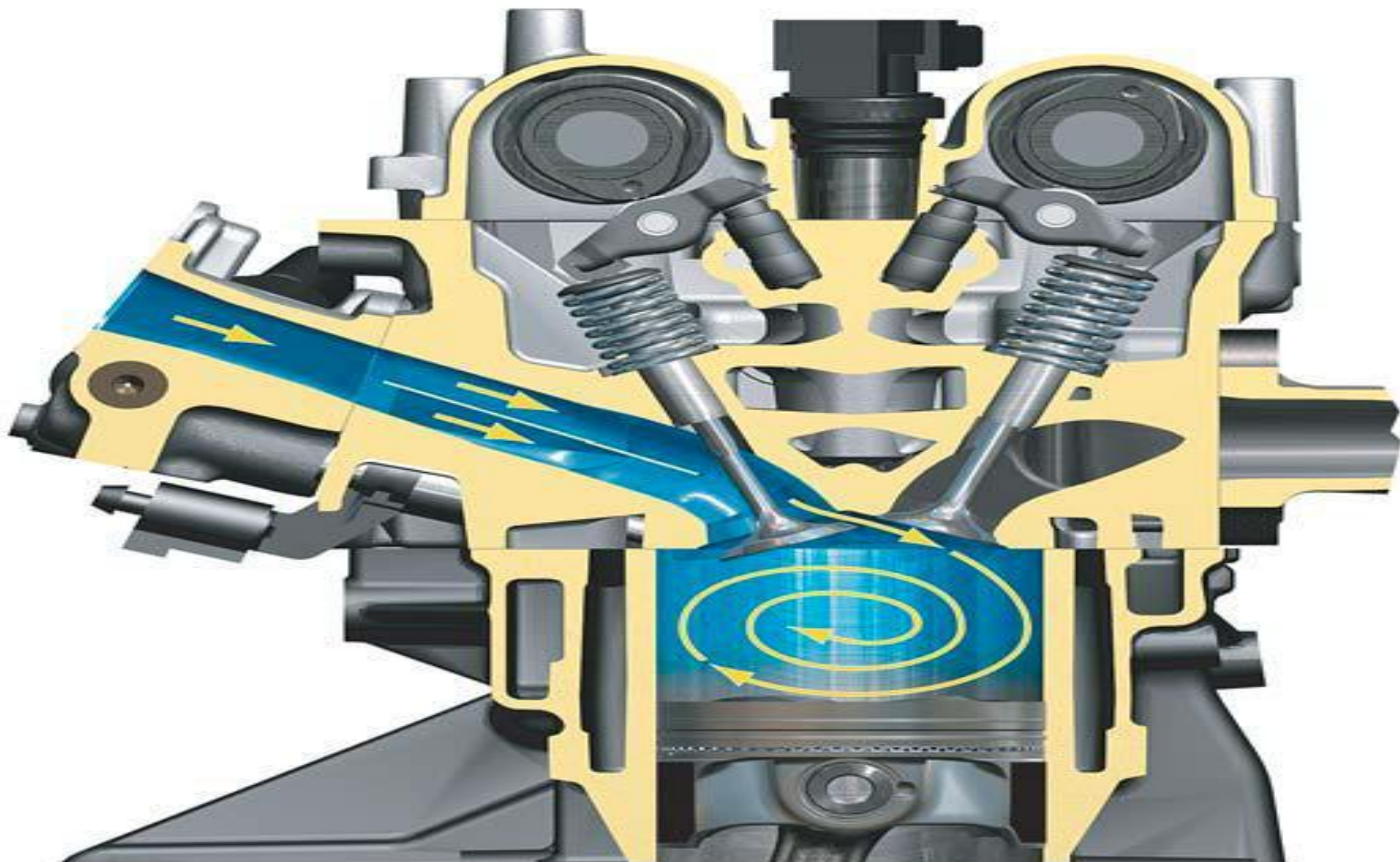


Следует отметить, что после начала горения смеси температура, и давление в камере сгорания резко возрастают, что ускоряет процессы испарения и воспламенения остальных частиц распыленного факела топлива

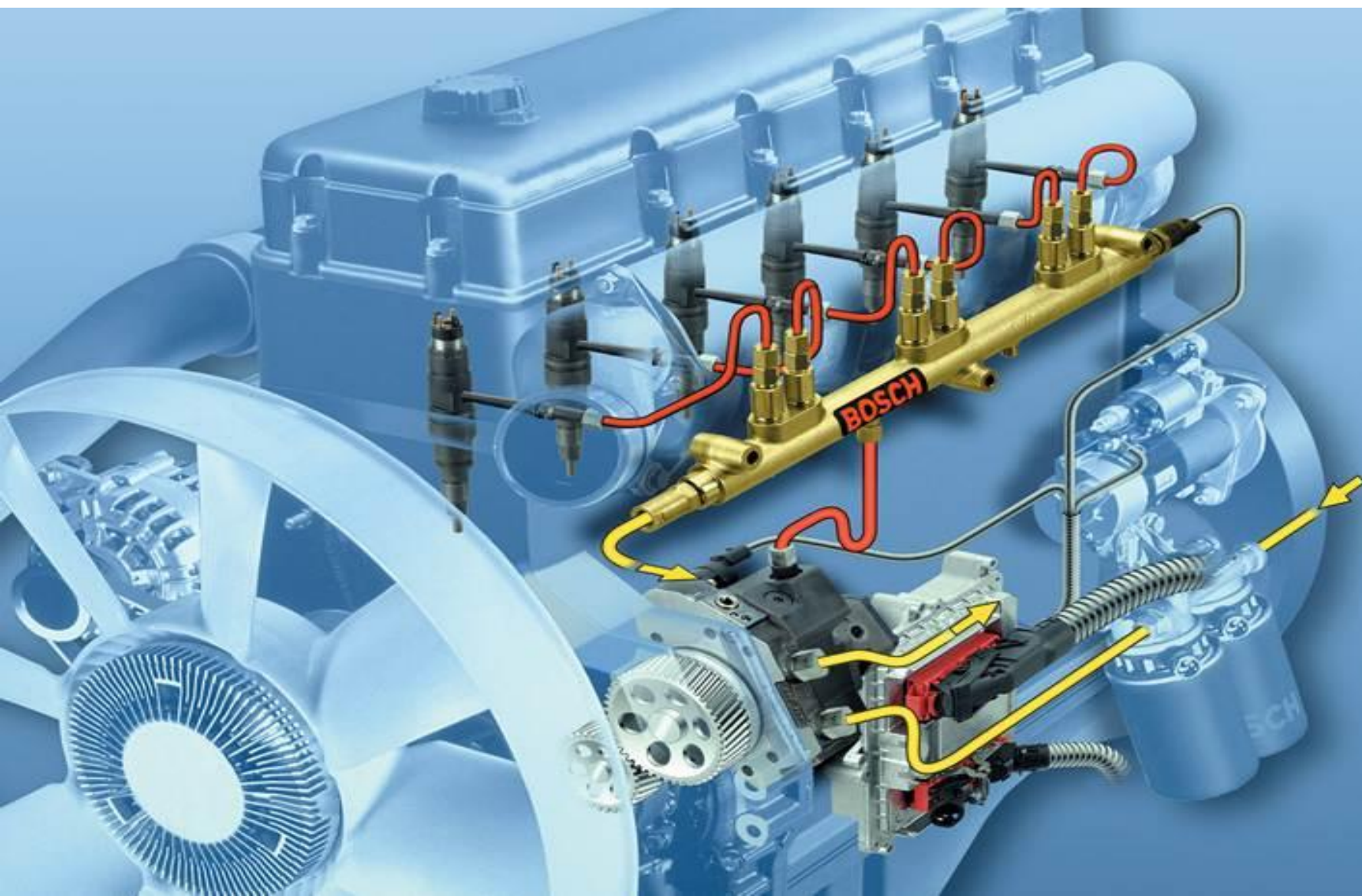
www.NetCarShow.com



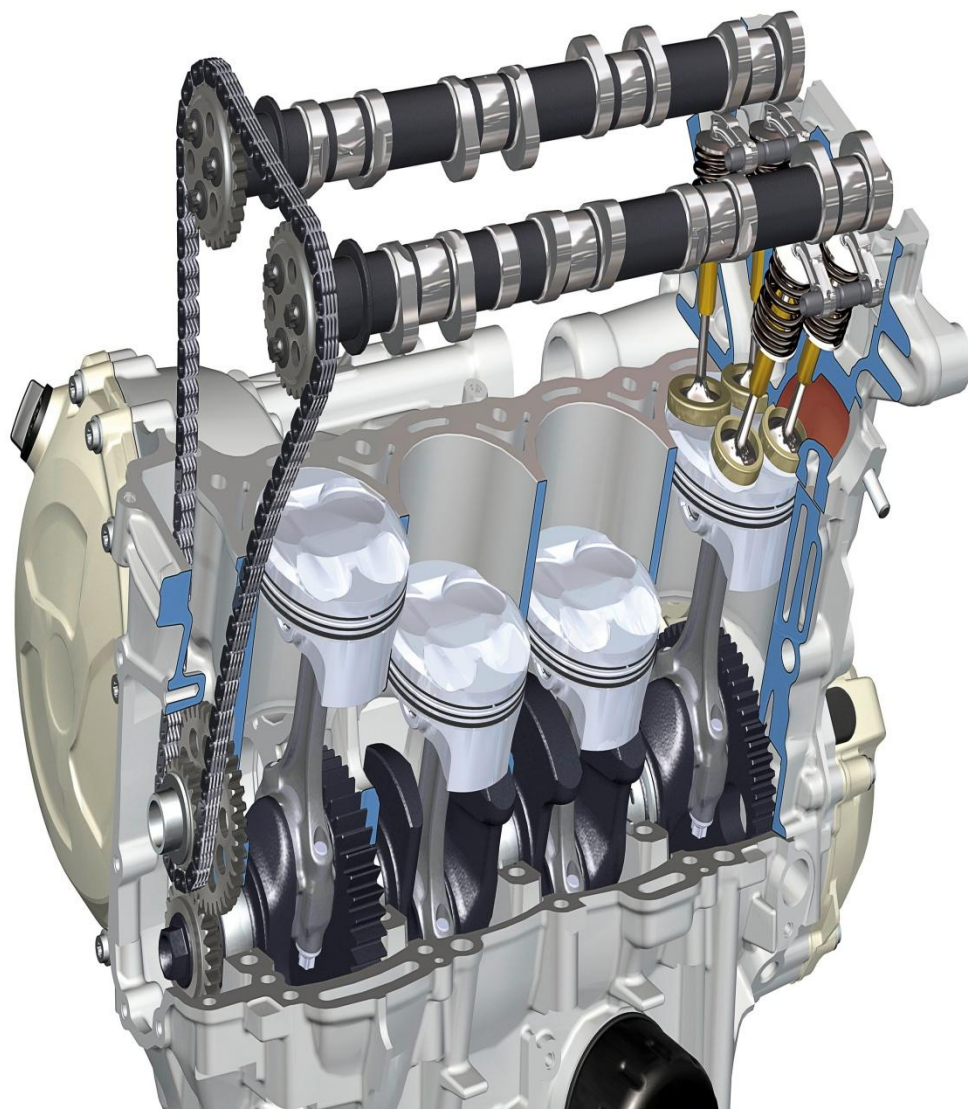
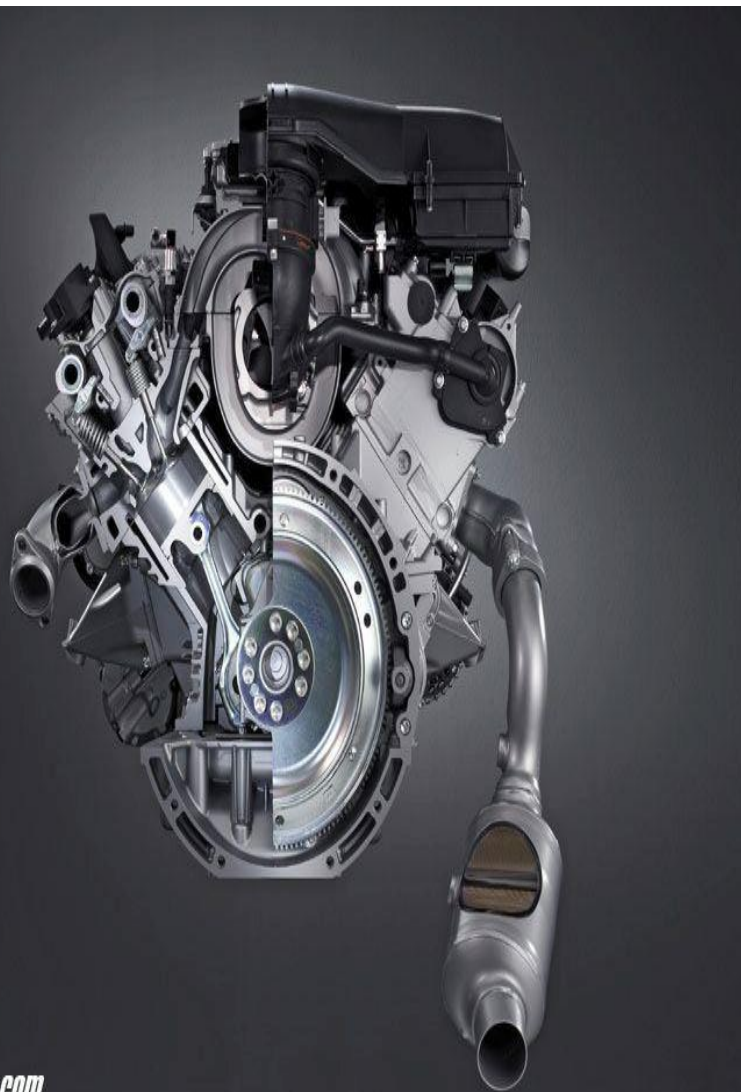
Чтобы обеспечить наилучшие мощностные и экономические показатели работы дизеля, необходимо впрыскивать топливо в его цилиндры до прихода поршня в ВМТ. Угол, на который кривошип коленчатого вала не доходит до ВМТ в момент начала впрыскивания топлива, называют *углом опережения впрыскивания топлива*.



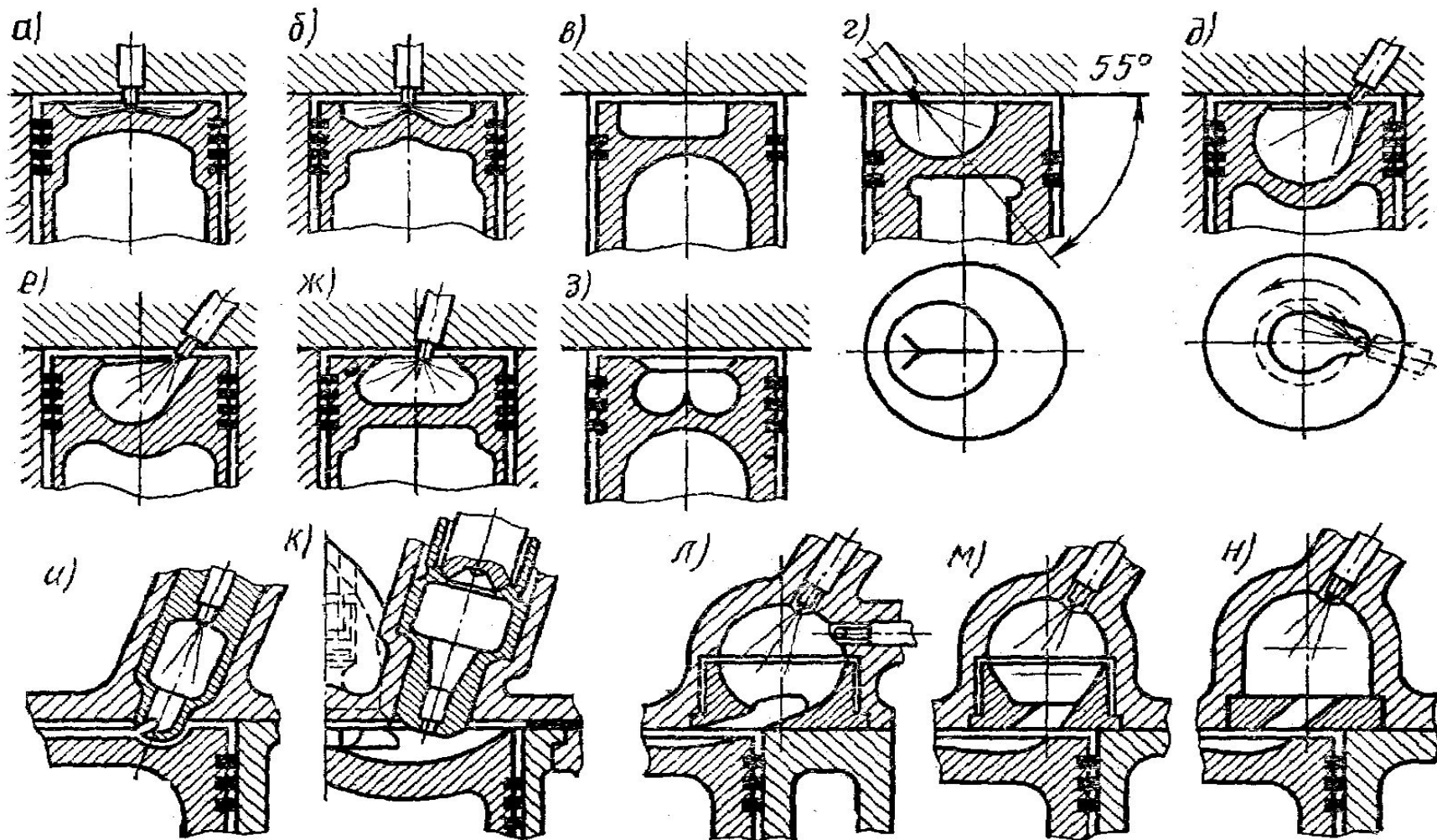
Для того чтобы форсунка впрыскивала топливо с требуемым опережением, топливный насос должен начинать подавать топливо еще раньше. Это вызвано необходимостью иметь некоторое время на нагнетание топлива от насоса к форсунке



Угол по кривошипу коленчатого вала, на который поршень не доходит до ВМТ в момент начала подачи топлива из топливного насоса, называют *углом опережения подачи топлива*



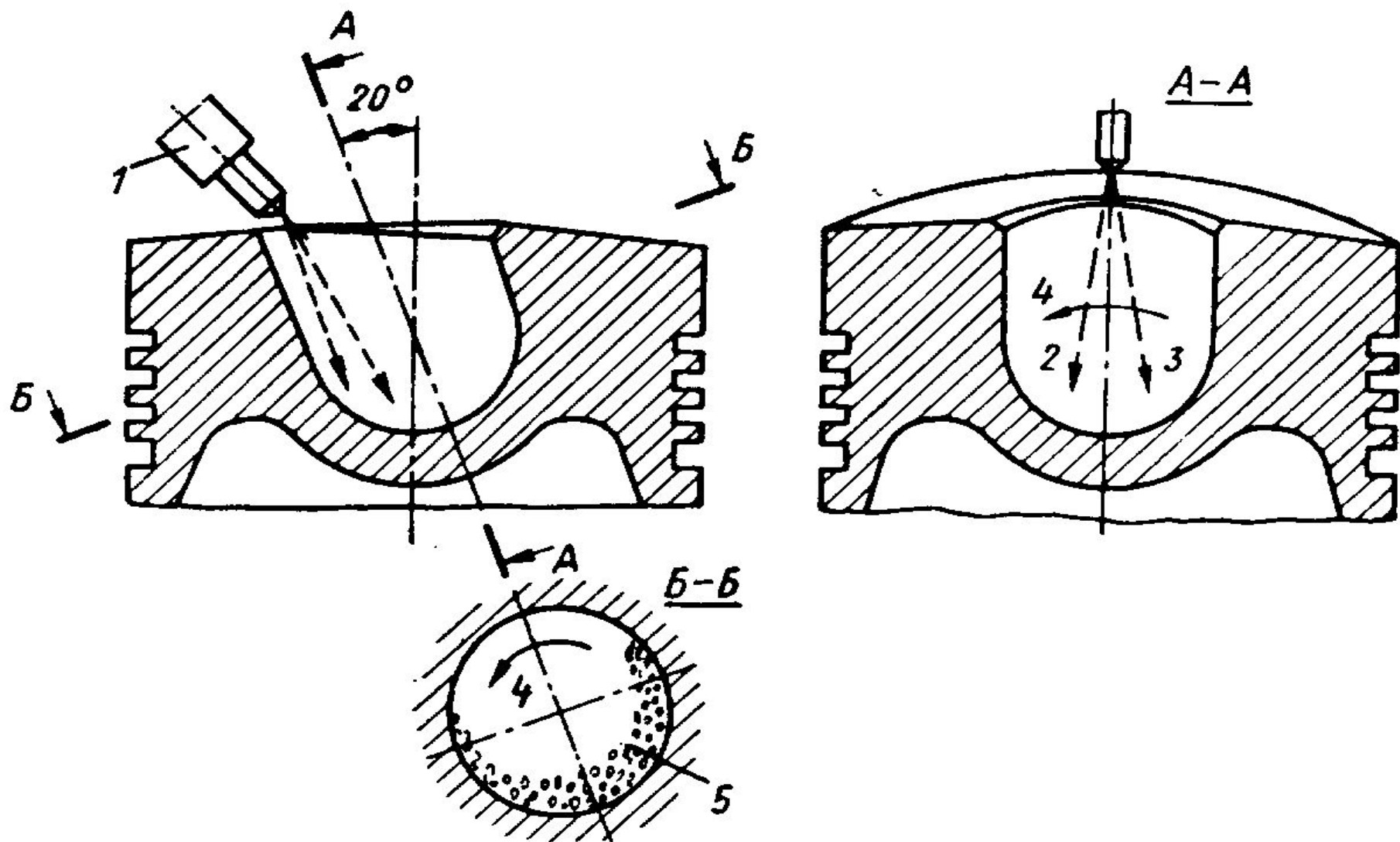
Существенное влияние на улучшение смесеобразования и процесса сгорания оказывают способы приготовления рабочей смеси и принятая форма камеры сгорания



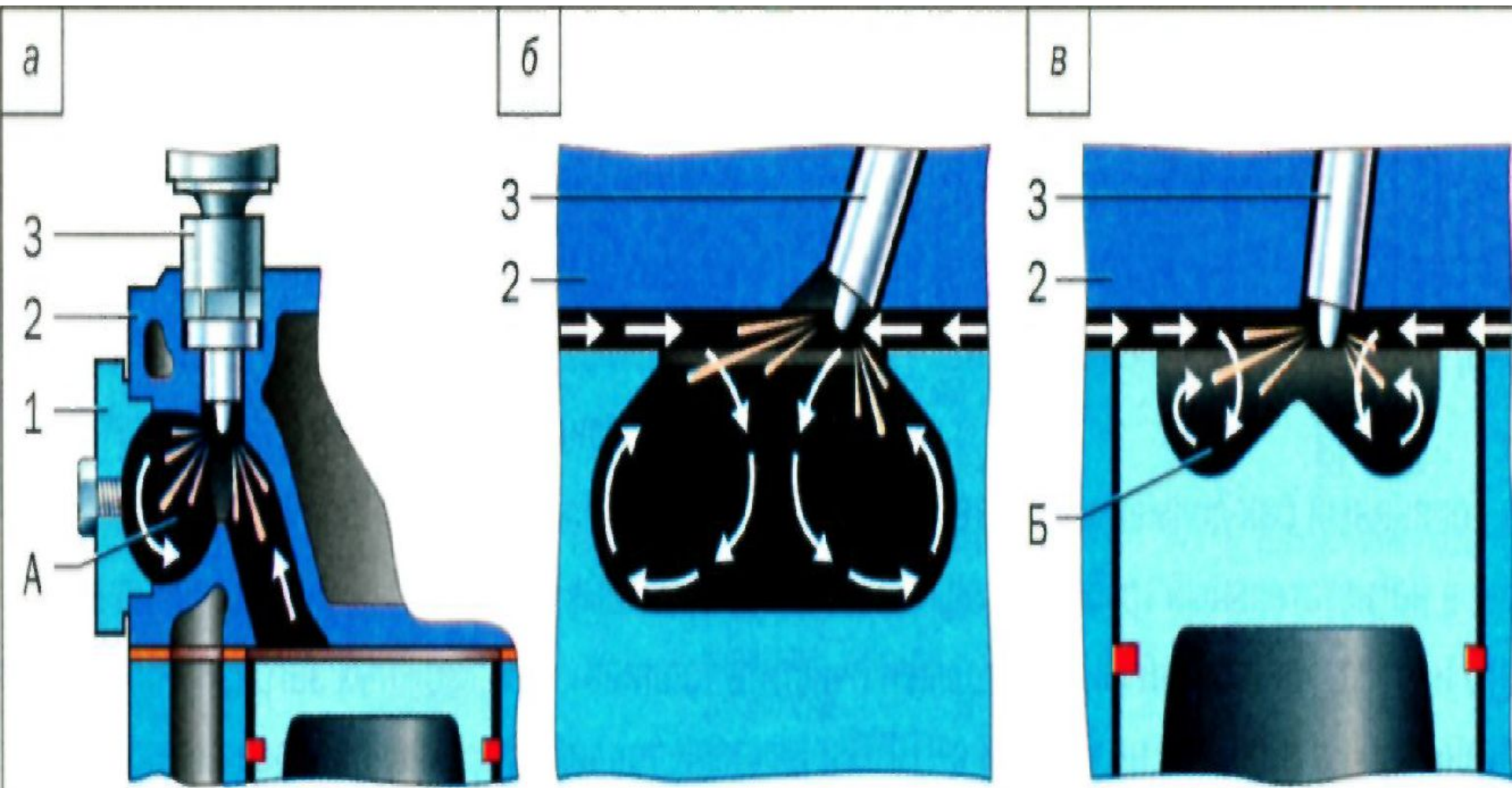
Качество смесеобразования определяется характеристиками впрыскивания распыливания, свойствами топлива и заряда, формой, размерами и температурами поверхностей камеры сгорания, взаимным направлением и интенсивностью движения топливных струй и заряда в камере сгорания.



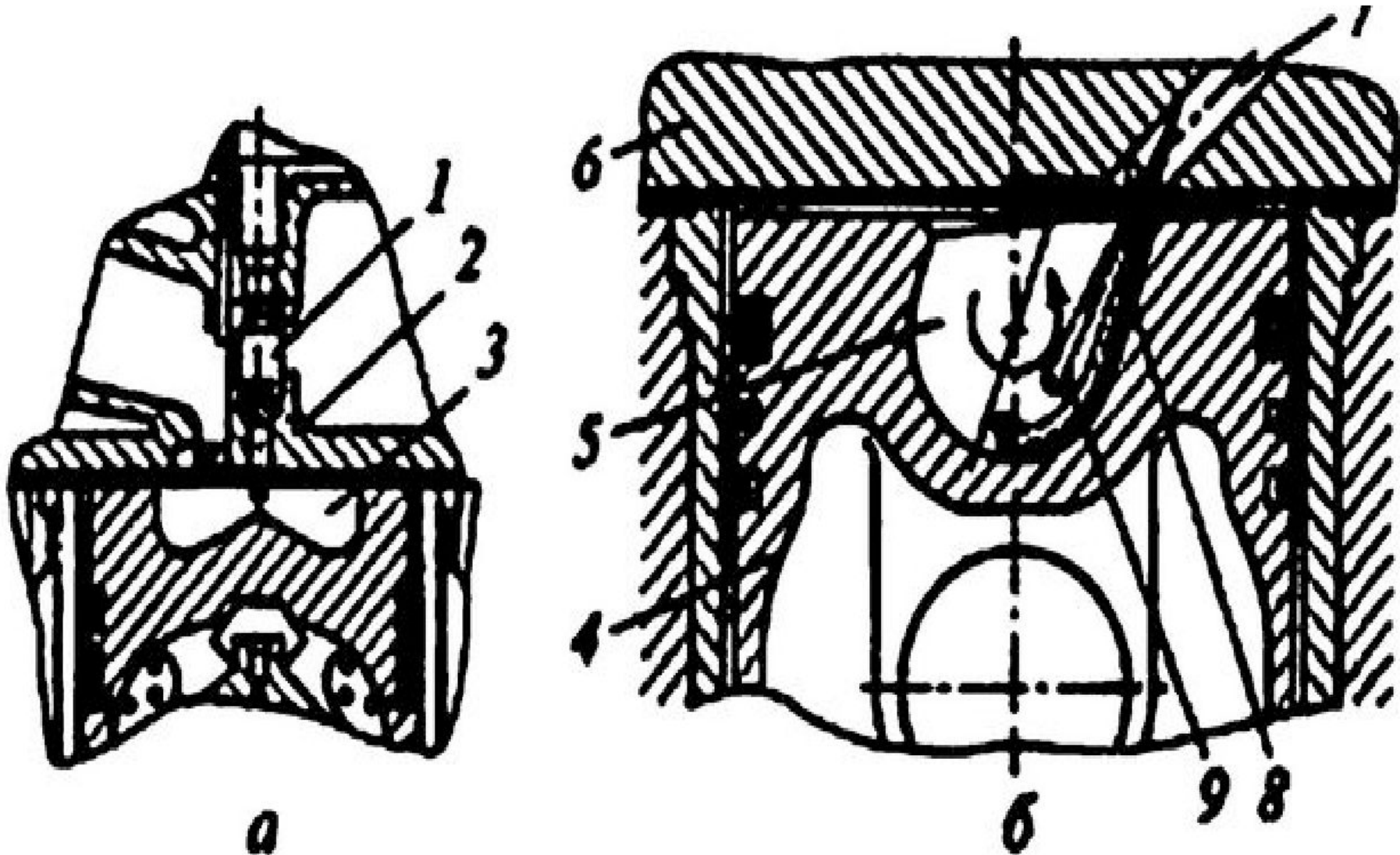
По способу приготовления рабочей смеси различают *объемное, объемно-пленочное и пленочное смесеобразования*. Каждому из этих способов присущи свои характерные особенности, для реализации которых требуются камеры сгорания с соответствующими конструктивными решениями



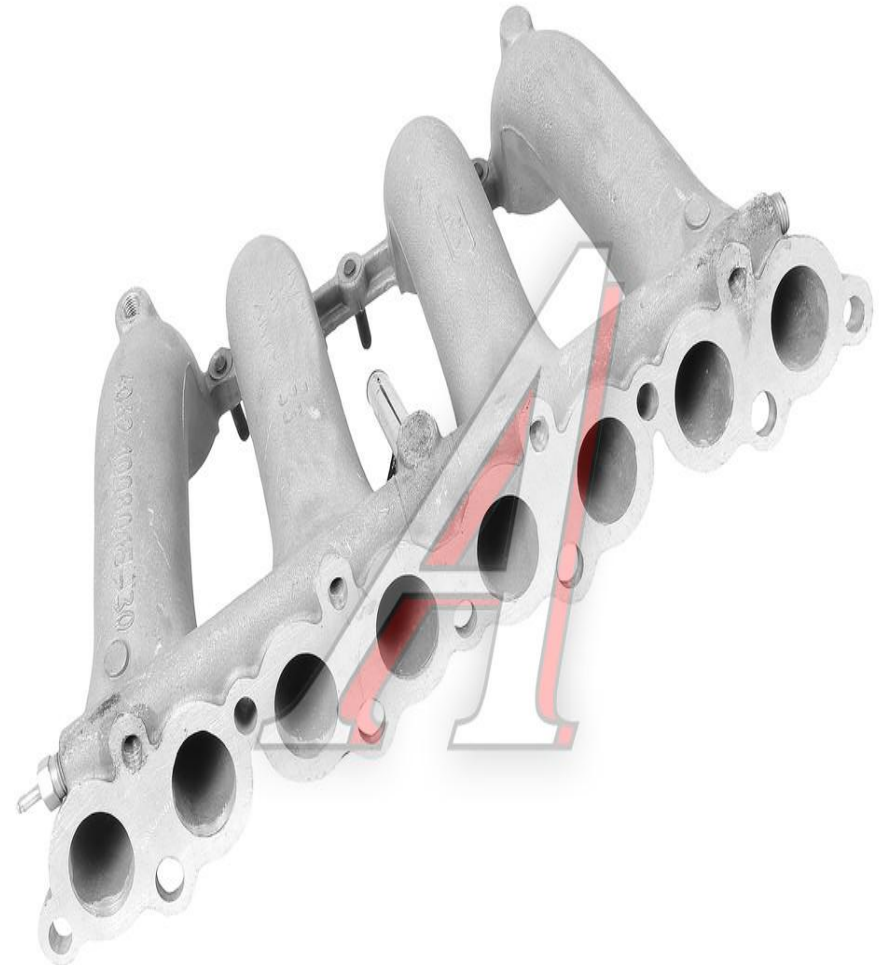
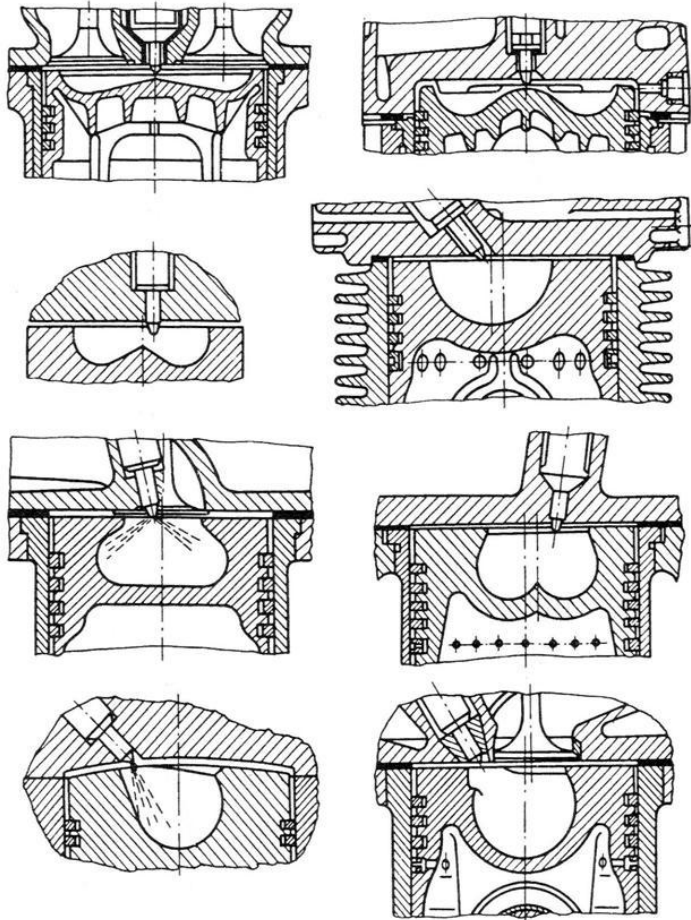
Существующие камеры сгорания дизелей по общности основных признаков их конструкции объединяют в две группы: неразделенные (однополостные) и разделенные (двухполостные)



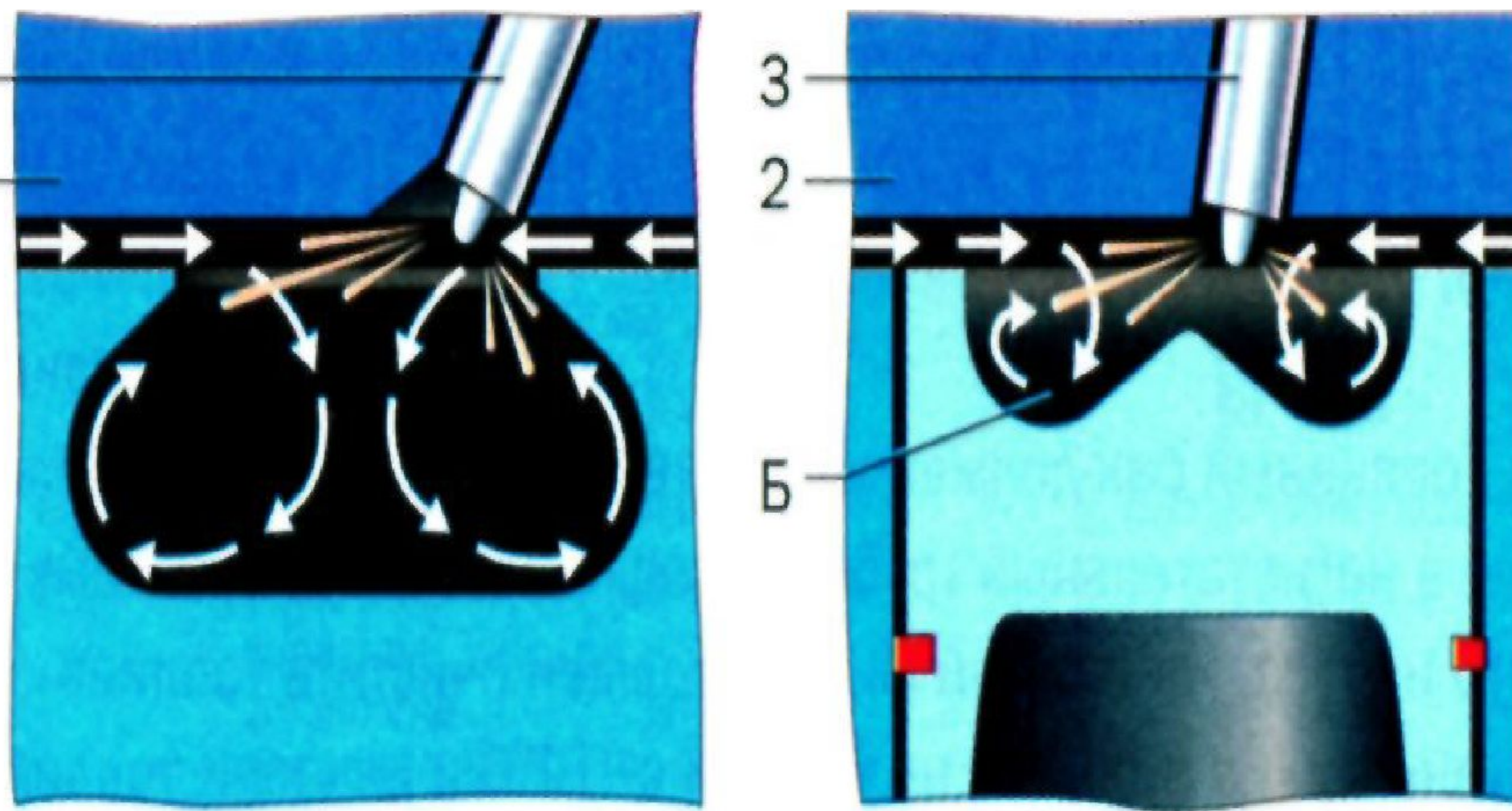
Неразделенные камеры сгорания представляют собой объем заключенный между днищем поршня, когда он находится в ВМТ, и плоскостью головки. Такие камеры называют также однополостными с *объемным смесеобразованием*, так как процесс смесеобразования основан на впрыскивании топлива непосредственно в толщу горячего воздуха, находящегося в камере сгорания дизеля



При этом для лучшего перемешивания частиц распыленного топлива с воздухом свежему заряду сообщают при впуске вращательное движение с помощью завихрителей или винтовых опускных каналов, а форму камеры сгорания стремятся согласовать с формой струи топлива, подаваемой форсункой



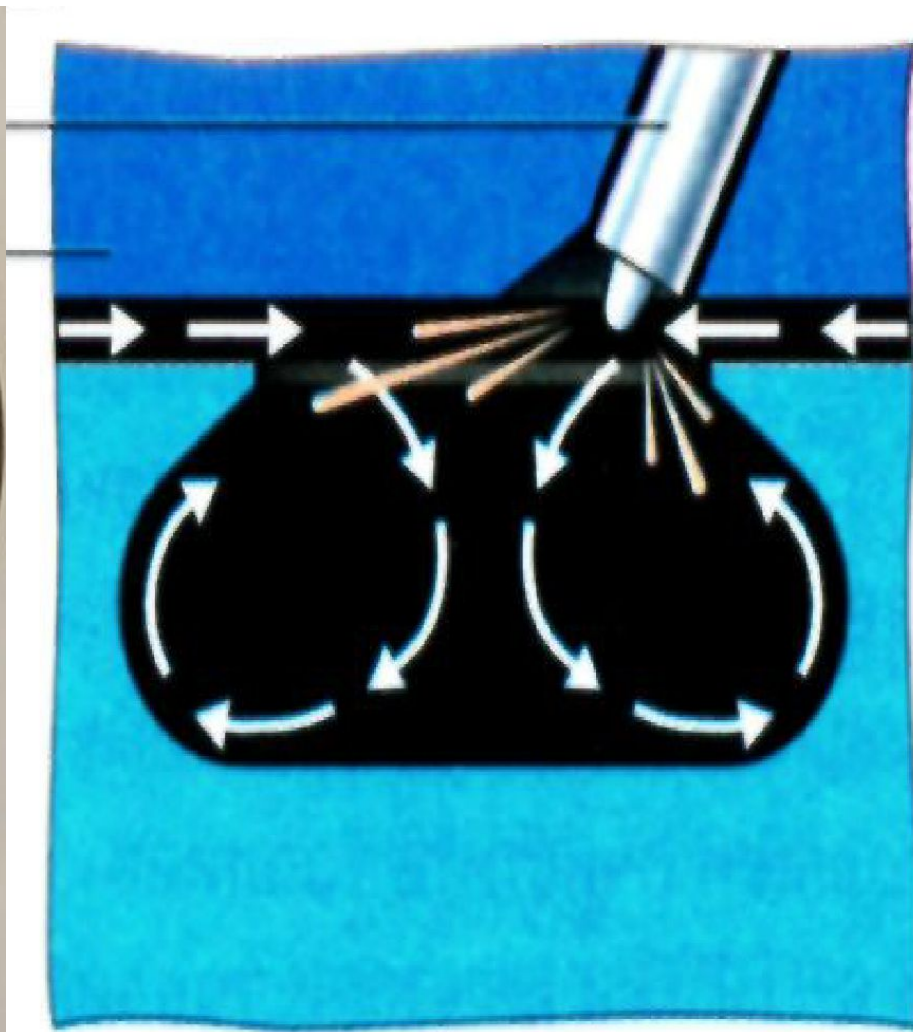
Объемное смесеобразование предполагает распыливание большей части топлива в объеме камеры сгорания и лишь небольшая его часть попадает в ее пристеночный слой. Оно реализуется в *однополостной (неразделенной) камере сгорания*, которая располагается в поршне;



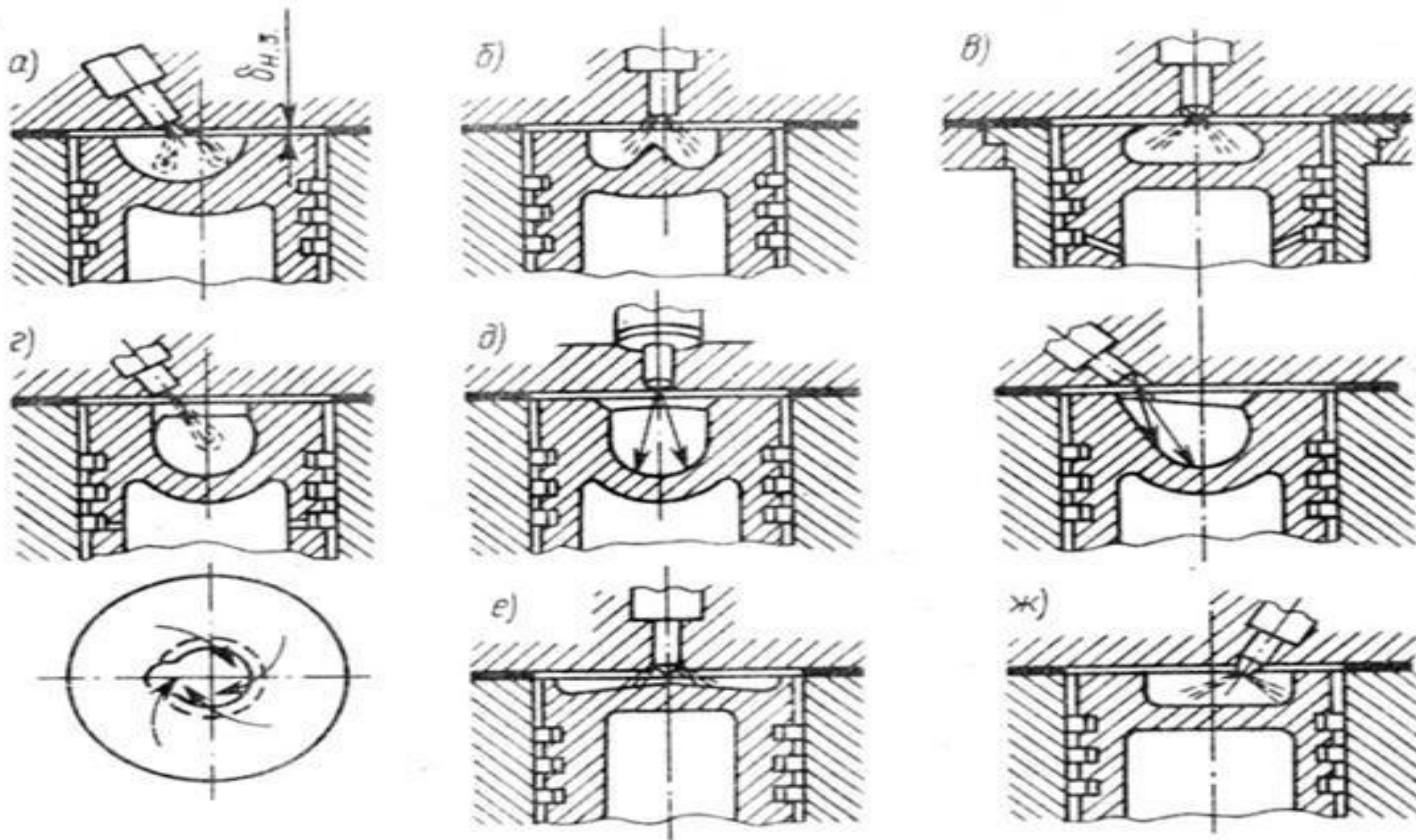
Камера сгорания поршня, объемного смесеобразования, ее ось и ось форсунки совпадают. Камера сгорания имеет малую глубину и большой диаметр, отношение ее диаметра к диаметру цилиндра составляет $d_{KC}/D = 0,8...0,83$. Прогрев и испарение топлива в этой камере происходят в основном от сжатого и нагретого заряда воздуха



Угол рассеивания струй топлива обычно не превышает 20° , потому для полного охвата струями всего объема камеры сгорания и полного использования заряда воздуха в форсунке необходимо иметь не менее 18 распыливающих отверстий небольшого диаметра, что достаточно сложно для изготовления



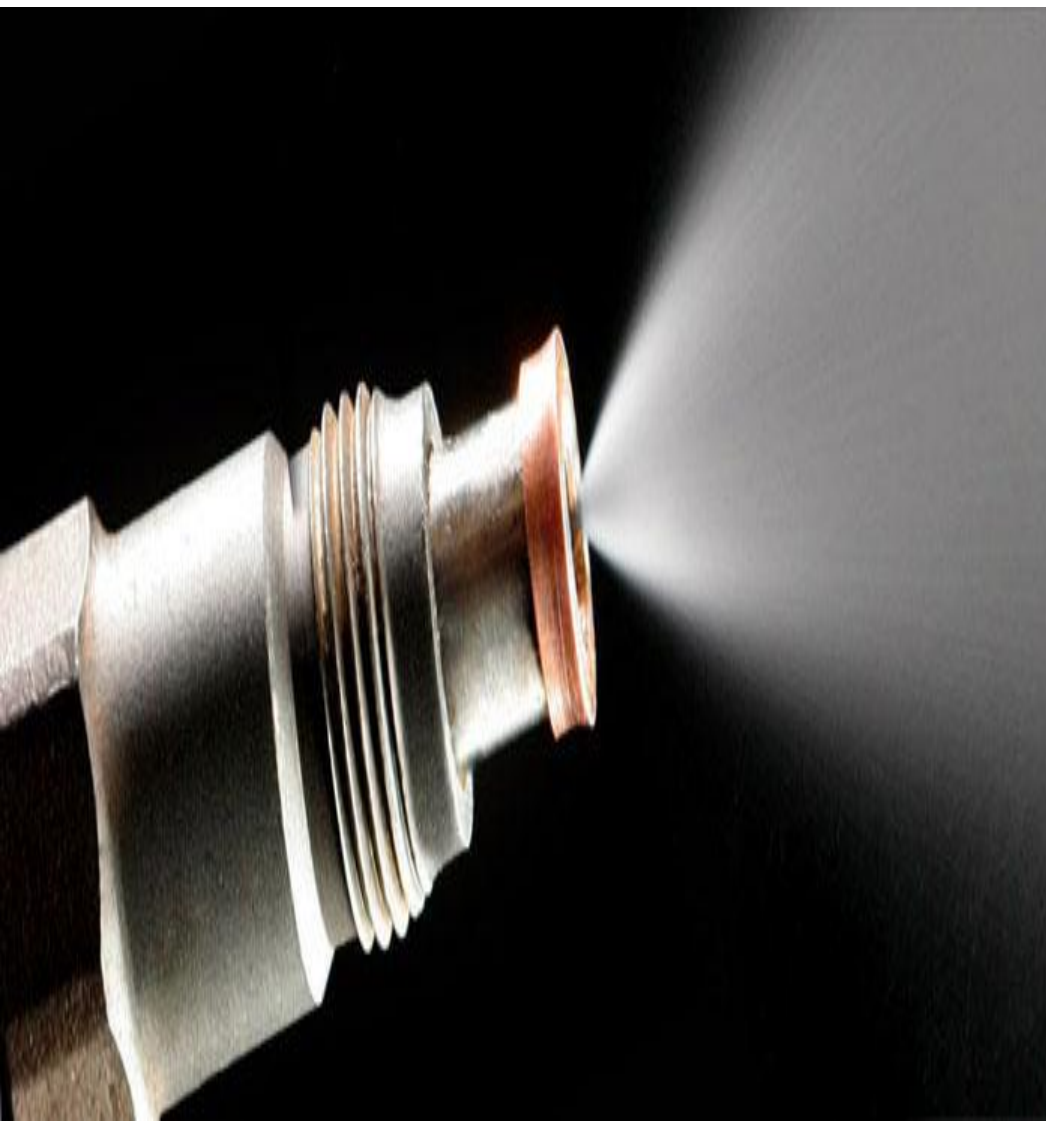
Для полного сгорания впрыснутого топлива воздух приводится во вращательное движение тем более интенсивно, чем меньшее количество распыливающих отверстий. Это достигается применением винтового или тангенциального впускного каналов, а также экранированием впускного клапана или его седла



Однако повышение интенсивности вращательного движения заряда при впуске приводит к снижению коэффициента наполнения. Поэтому при объемном смесеобразовании используют 6... 10 распыливающих отверстий при небольшом значении скорости движения заряда (12... 15 м/с), чтобы избежать значительного падения наполнения свежим зарядом



Развеивание струй топлива вращающимся зарядом существенно влияет на объем и поверхность струи и их изменение во времени



Теплообмен между зарядом и топливом происходит преимущественно в объеме факела и пары топлива перемещаются в направлении поверхности струй. Движение заряда сносит продукты сгорания с поверхности крупных капель и обеспечивает подвод к ним кислорода воздуха. При чрезмерной скорости движения заряда мелкие кайли, пары топлива и продукты сгорания из одной струи могут движением заряда переноситься в объем соседней струи, что приведет к ухудшению смесиобразования. Такое явление называют *перезавихриванием*. Поэтому в дизелях с объемным смесиобразованием частота вращения ограничена и не превышает 3000 мин⁻¹

При этом виде смесеобразования для проникновения капле топлива на периферию камеры сгорания, где сосредоточена наибольшая часть воздуха, необходимо повышать давление впрыскивания, иногда до 200 МПа



Такое давление могут создавать насос-форсунки. Однако их применение связано с усложнением конструкции и необходимостью в эксплуатации обеспечивать равномерную подачу топлива по отдельным цилиндрам. При использовании разделенных систем подачи топлива давление впрыскивания обычно не превышает 100 МПа, что связано с повышением сил, действующих на детали топливной аппаратуры, искажением объемов топлива в системе, а также с впрыскиваниями топлива из-за колебательных процессов в топливопроводах высокого давления

В современных дизелях используется также *пленочное смесеобразование*, которое характеризуется тем, что большая часть впрыскиваемого топлива подается на горячие стенки шарообразной камеры сгорания, на которых оно образует сначала пленку, а затем испаряется, отнимая часть тепла от стенок



Принципиальная разница между объемным и пленочным способами смесеобразования заключается в том, что в первом случае частицы распыленного топлива непосредственно смешиваются с воздухом, а во втором основная часть топлива сначала испаряется и затем в парообразном состоянии перемешивается с воздухом при интенсивном вихревом движении его в камере



Объемно пристеночно-пленочное смесеобразование. Из-за пристеночной струи такой процесс часто называют *объемным пристеночно-пленочным смесеобразованием*. Этот процесс по сравнению с другими способами смесеобразования экономичен и обеспечивает более мягкую работу дизеля с плавным нарастанием давления в его цилиндрах, а также улучшает пусковые качества дизеля

Топливо в камеру сгорания

впрыскивается из двухдырочного
распылителя форсунки ,
расположенного в головке цилиндра.

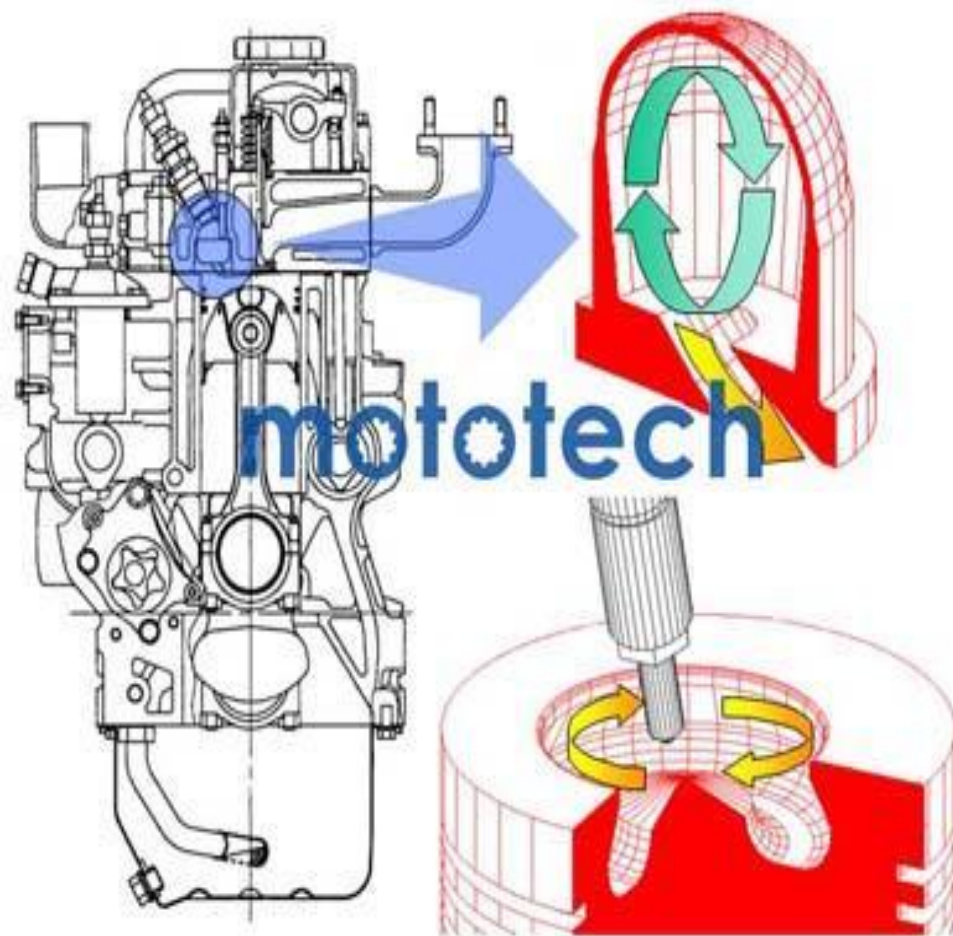
Пристеночная струя топлива направлена
вдоль образующей камеры сгорания,
объемная струя пересекает внутренний
объем камеры сгорания ближе к ее
центру.



Разновидностью указанных способов смесеобразования является *объемно-пленочное смесеобразование*, которое обладает свойствами как объемного, так и пленочного смесеобразования.



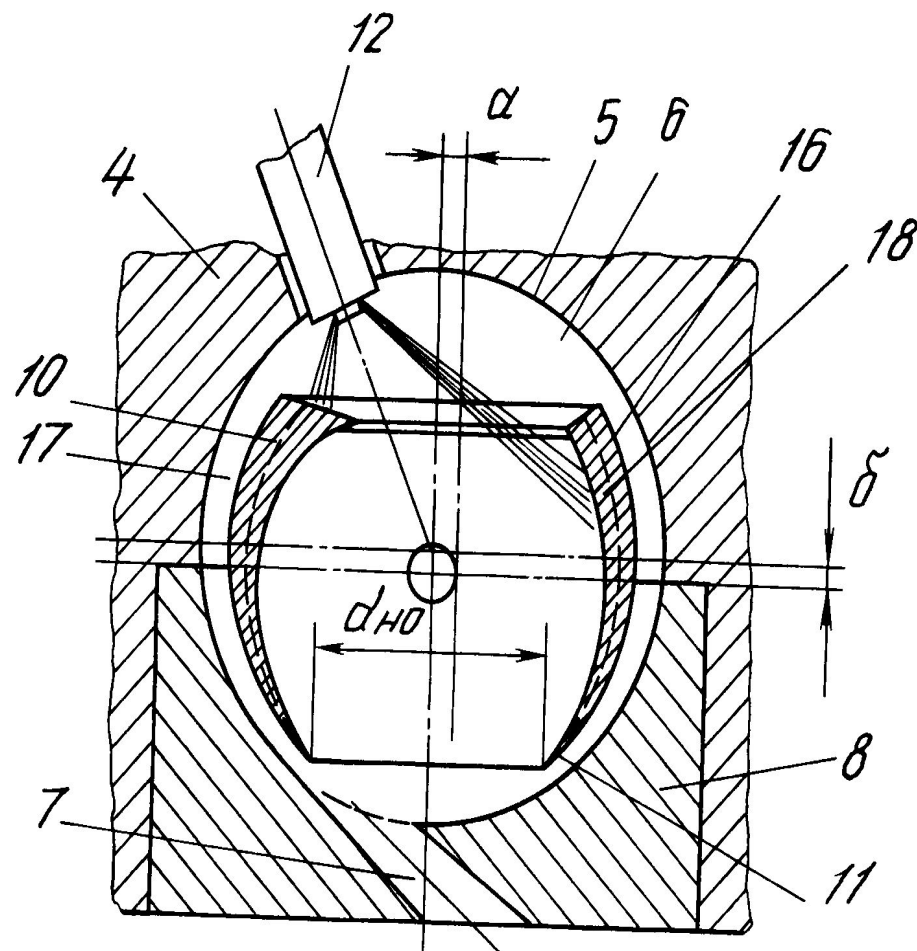
Комбинация *объемного и пристеночного* смесеобразования



Комбинация объемного и пристеночного смесеобразования заключается в том, что часть топлива подается на стенку камеры сгорания и концентрируется в пристеночном слое, а другая часть капле топлива располагается в пограничном слое заряда. Низкая температура стенок камеры сгорания ($200...300\text{ }^{\circ}\text{C}$) и малая турбулентность заряда в этой зоне уменьшают скорости испарения топлива и смешения его паров с воздухом. В итоге снижается скорость тепловыделения в начале сгорания. После появления пламени скорости испарения и смешения резко возрастают.

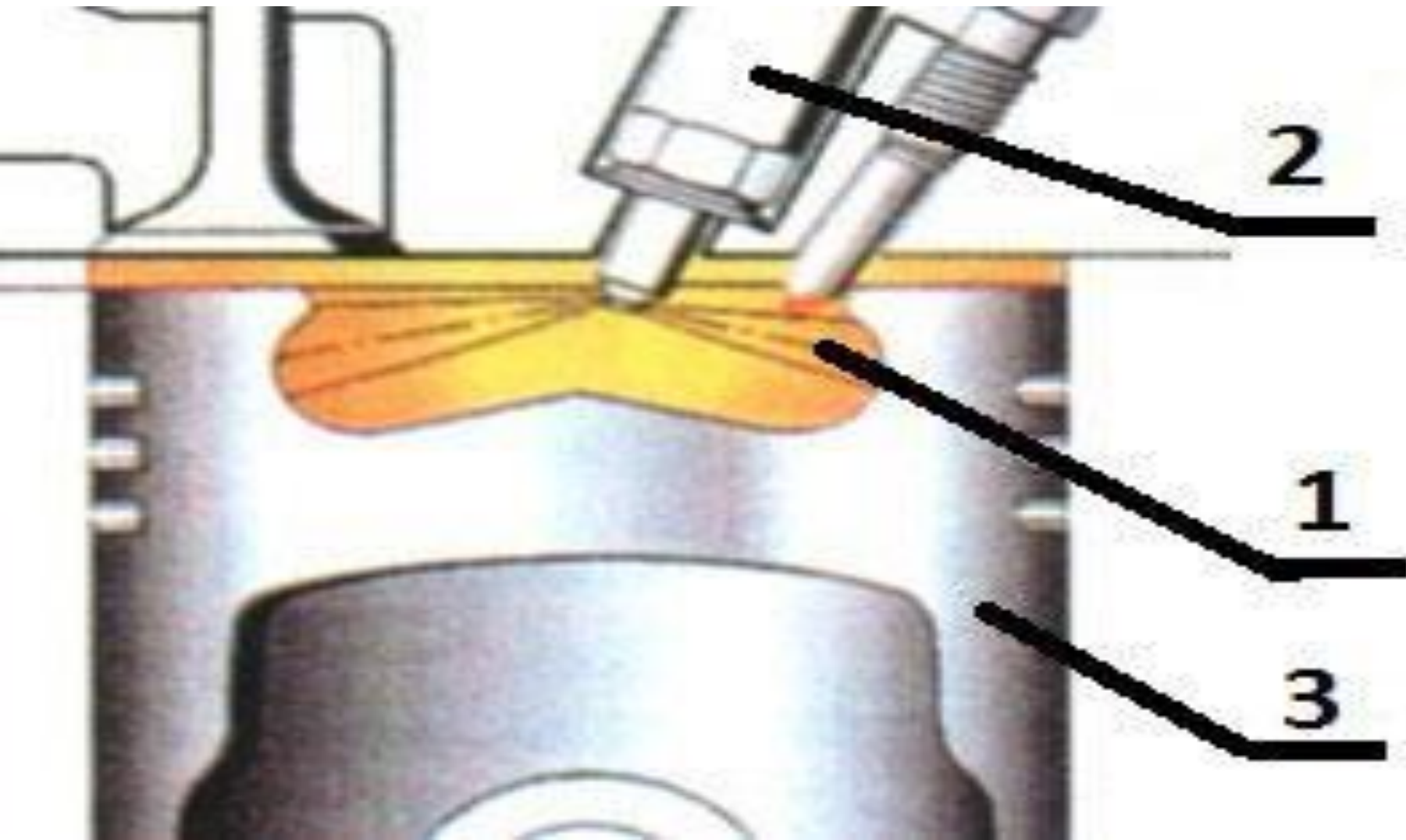
При *объемном и пристеночном* смесеобразовании относительный диаметр камеры сгорания несколько меньше ($d_{КС}/D = 0,5...0,6$), а ее глубина больше

Тангенциальная составляющая скорость движения заряда воздуха достигает 25...30 м/с. Интенсивное смещение заряда при его перетекании в камеру сгорания позволяет применять 3... 5 распыливающих отверстий большего диаметра. Снижаются требования к топливоподающей аппаратуре, которая должна обеспечить давление впрыскивания не более 80 МПа. При этом существенно снижаются нагрузки в топливной аппаратуре, повышаются ее износостойкость и надежность.

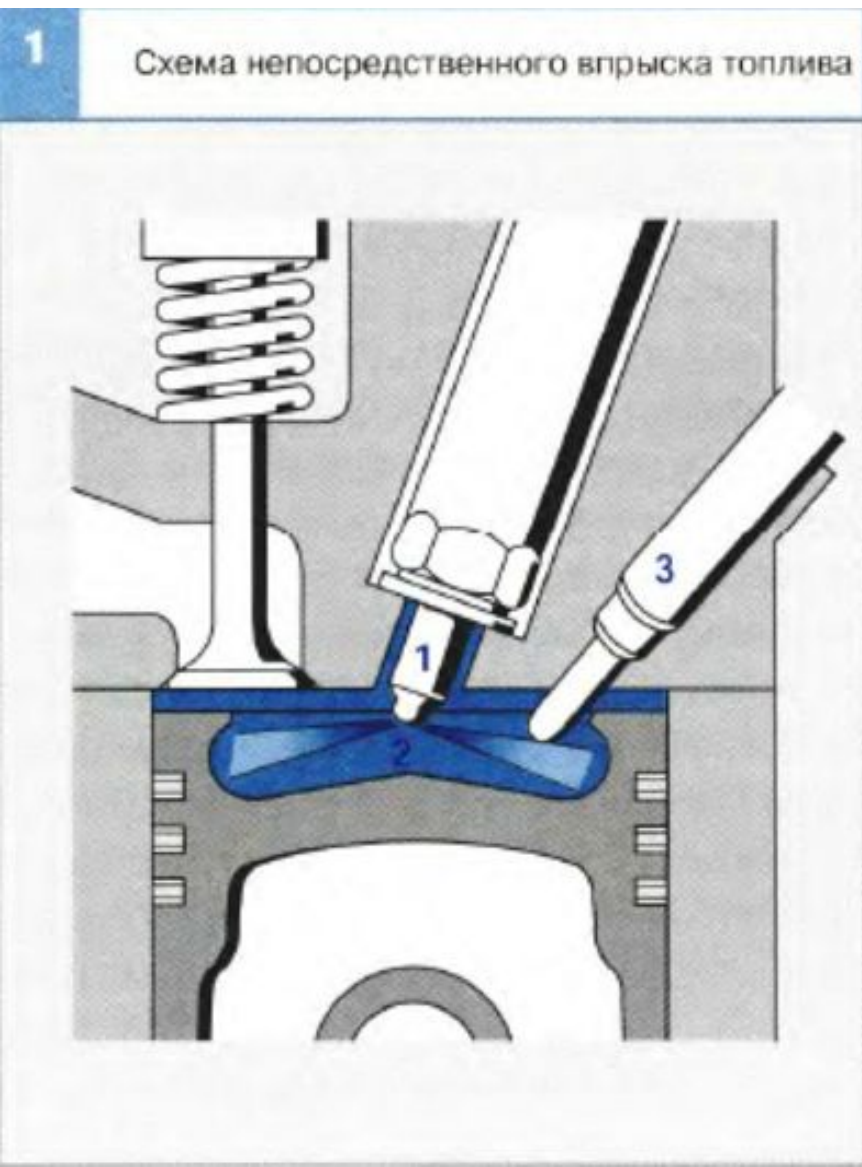


Фиг. 1

Пристеночное смесеобразование предусматривает подачу почти всего топлива в пристеночную зону камеры сгорания. Она обычно расположена соосно с цилиндром, а форсунка смещена к ее периферии.

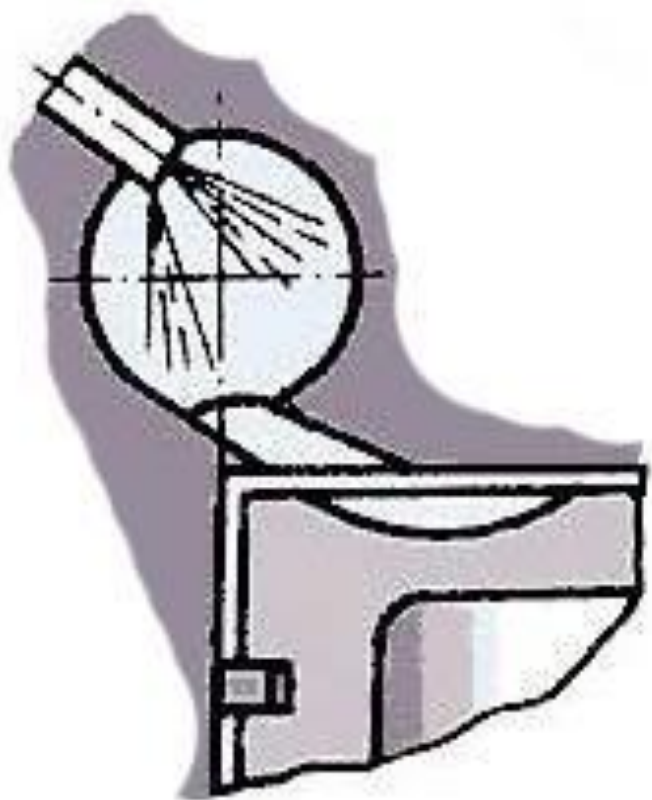


Пристеночное смесеобразование. Распылитель форсунки направляет одну-две струи топлива под острым углом на стенку камеры сгорания сферической формы, или вблизи и вдоль стенки камеры сгорания

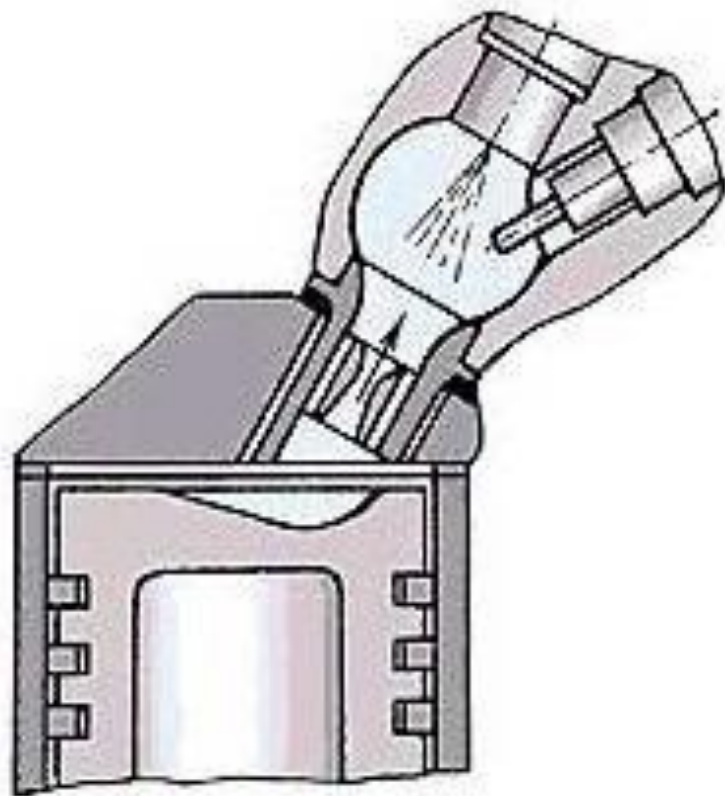


При этом интенсивное вращательное движение заряда, скорость которого достигает 50...60 м/с, распределяет топливные капли вдоль стенки камеры сгорания. В объем горячего заряда в центральной части камеры сгорания попадает 5 -10 % топлива, которое воспламеняется в первую очередь. По мере испарения и смешения топлива с воздухом сгорание распространяется на основную часть топлива в пристеночном слое.

Разделенные камеры сгорания состоят из двух объемов, соединенных между собой каналами: основного объема, заключенного в полости над днищем поршня, и дополнительного, расположенного чаще всего в головке блока.

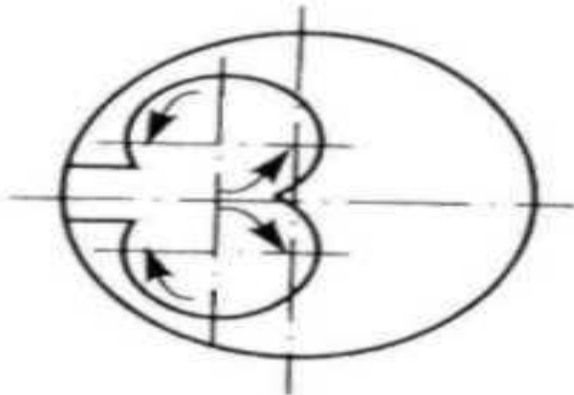
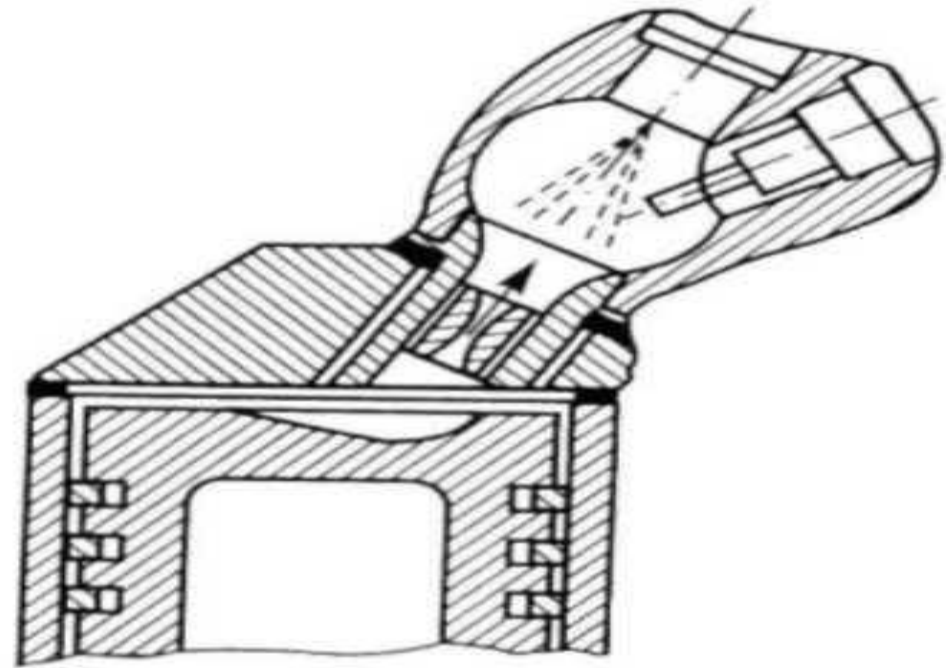
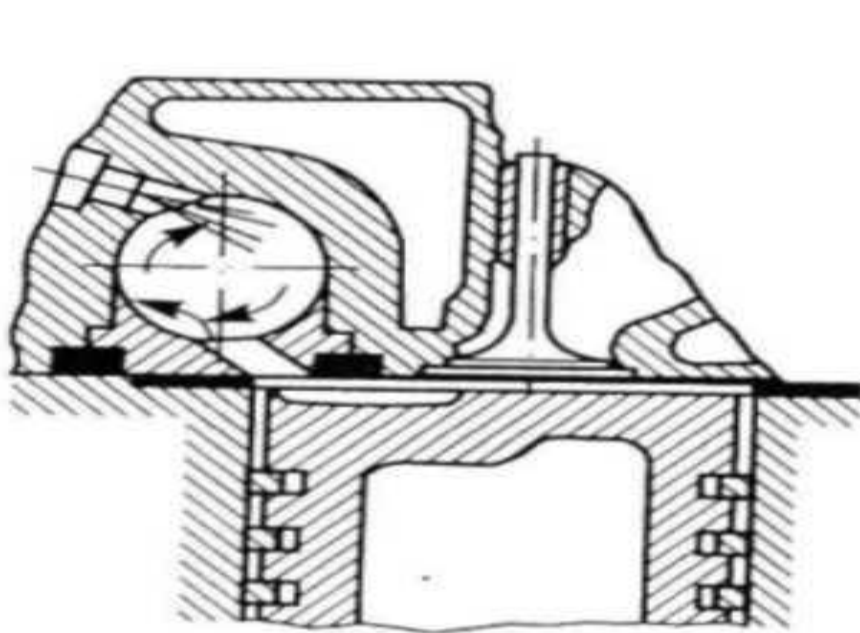


**Разделенная вихрекамерная
камера сгорания**

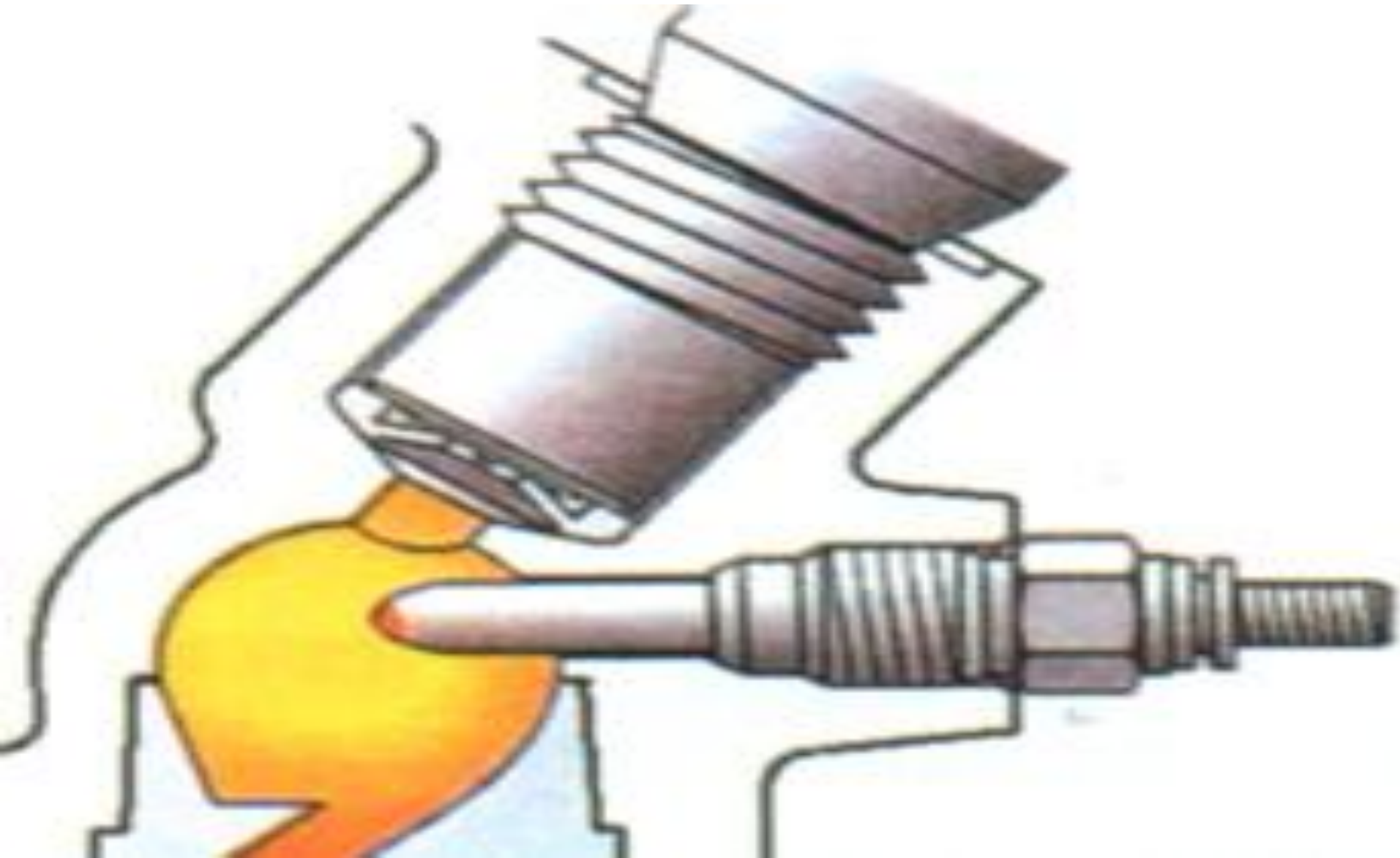


**Разделенная форкамерная
камера сгорания**

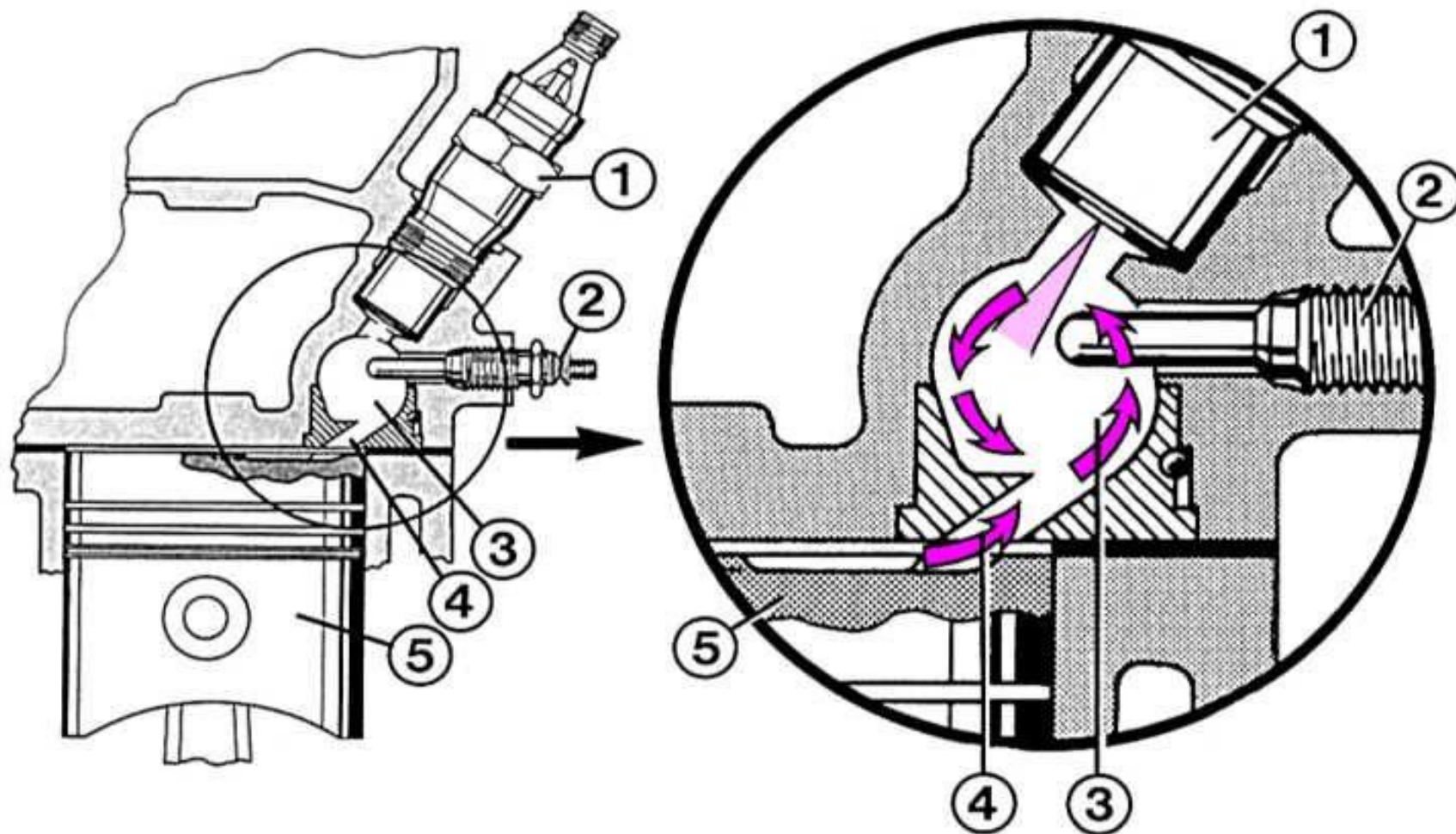
Применяются в основном две группы разделенных камер: предкамеры и вихревые камеры. Дизели с такими камерами называют соответственно предкамерными и вихревыми



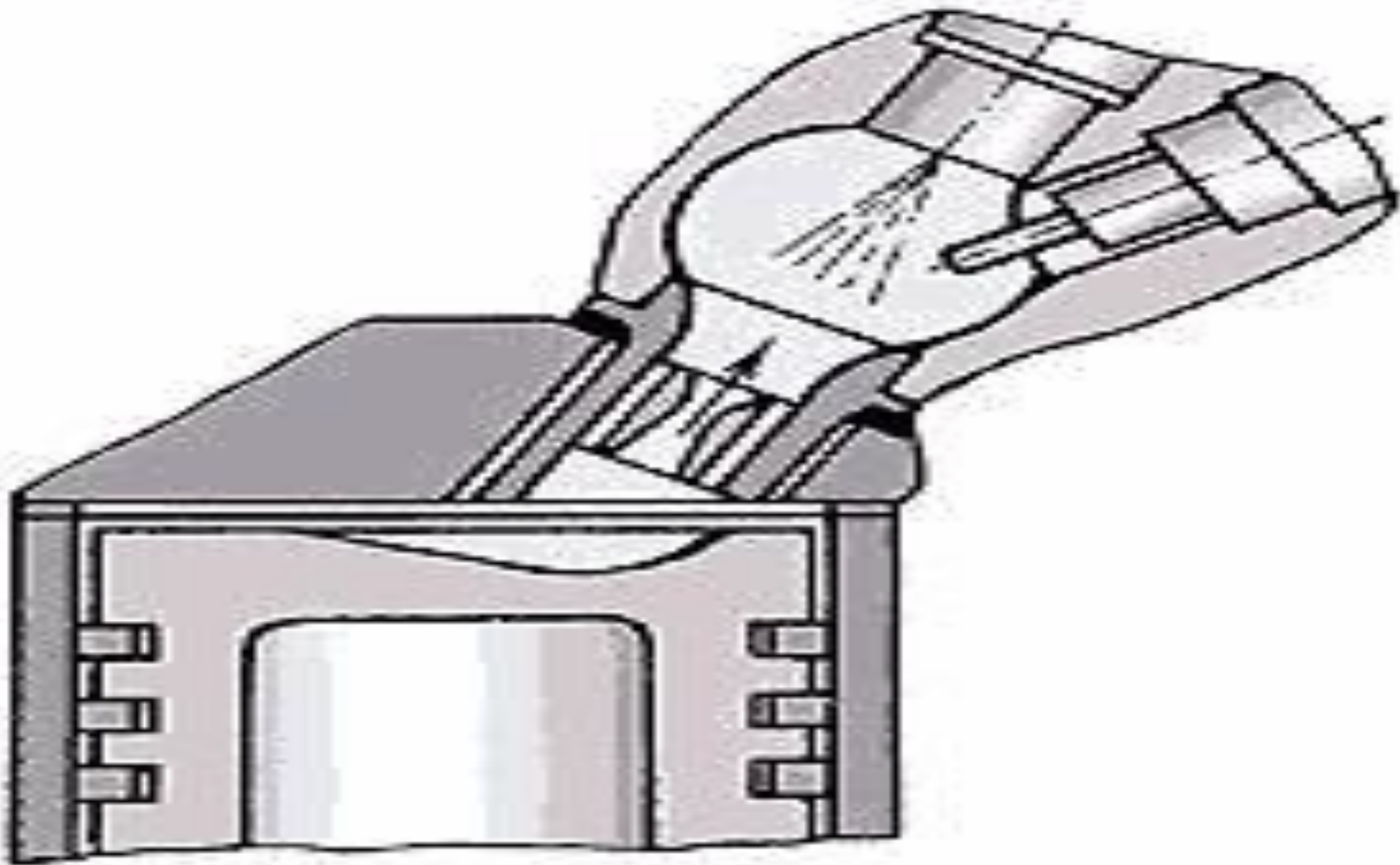
В дизелях вихревого типа объем дополнительной камеры составляет 0,5...0,7 общего объема камеры сгорания



Основная и дополнительная камеры соединяются каналом, который располагается тангенциально к образующей дополнительной камеры, в результате чего обеспечивается вихревое движение воздуха



В дизелях *предкамерного* типа *предкамера* имеет цилиндрическую форму и соединяется прямым каналом с основной камерой, расположенной в днище поршня



В результате начального воспламенения и сгорания свежего заряда в предкамере создается высокая температура и давление, способствующие более эффективному смесеобразованию и сгоранию топлива в основной камере



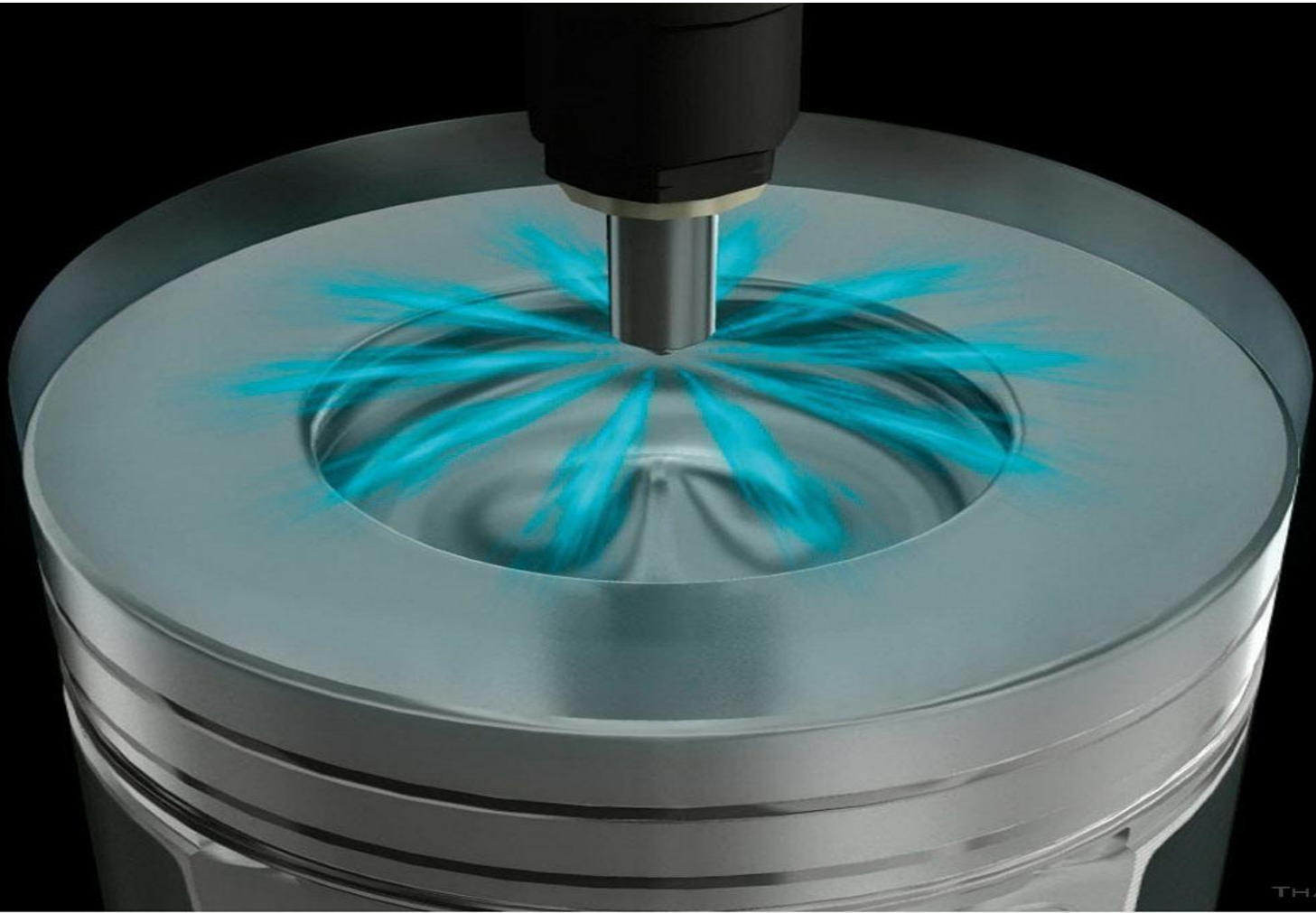
Современные быстроходные вихре- и предкамерные дизели имеют достаточно высокие мощностные показатели при сравнительно высокой степени сжатия. Но у них есть недостаток — затрудненный пуск дизеля, для устранения которого применяют специальные пусковые устройства.



Смесеобразование при наддуве предполагает увеличение цикловой подачи топлива практически за то же время, что и в дизеле без наддува. Ее можно повысить путем увеличения эффективного проходного сечения распыливающих отверстий или увеличением давлений впрыскивания



При наддуве плотность заряда в цилиндре увеличивается. Поэтому, чтобы обеспечить требуемое проникновение топливных струй за период задержки воспламенения, необходимо более резко повысить давление впрыскивания с увеличением частоты вращения и нагрузки, чем в дизеле без наддува.

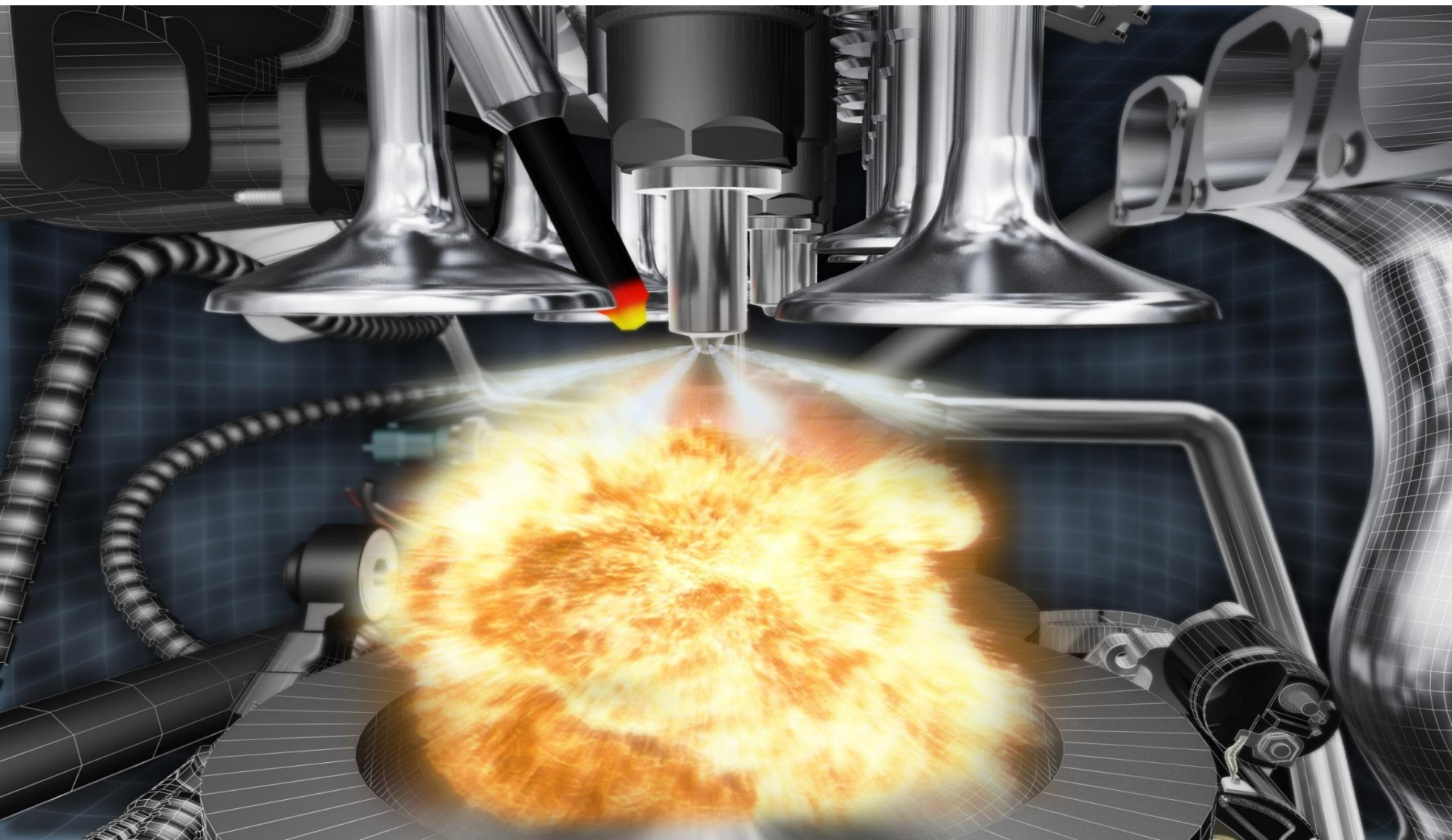


При высоких степенях наддува применяют насос-форсунки или топливные системы аккумуляторного типа.



Насос-форсунка

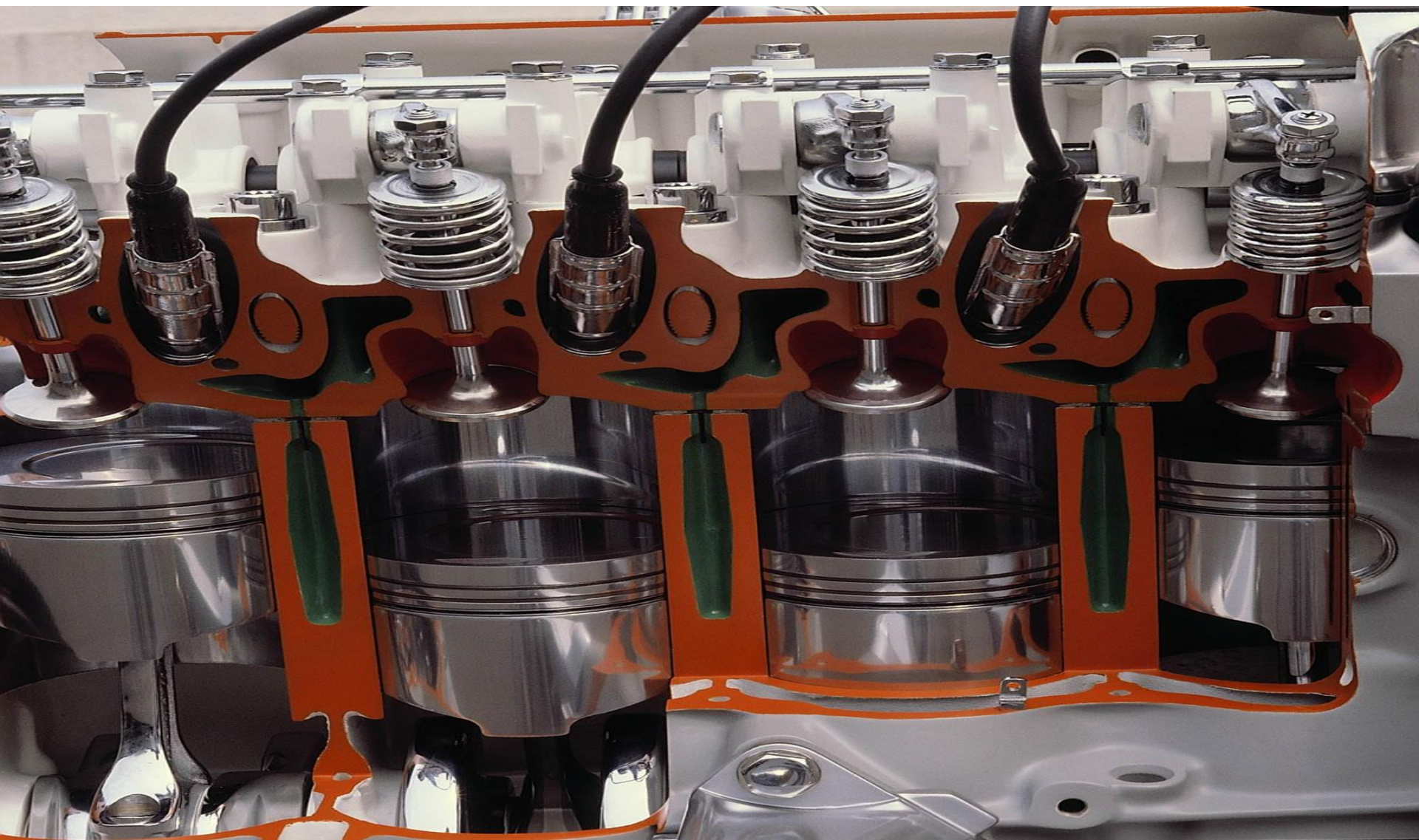
Процессы сгорания и тепловыделения



Сгорание - является сложным физико-химическим процессом.



Хорошие показатели работы дизеля на номинальном режиме достигаются при тепловыделении, начинающемся в положении поршня за $5... 13^\circ$ до ВМТ и завершающемся на $45..50^\circ$ после ВМТ



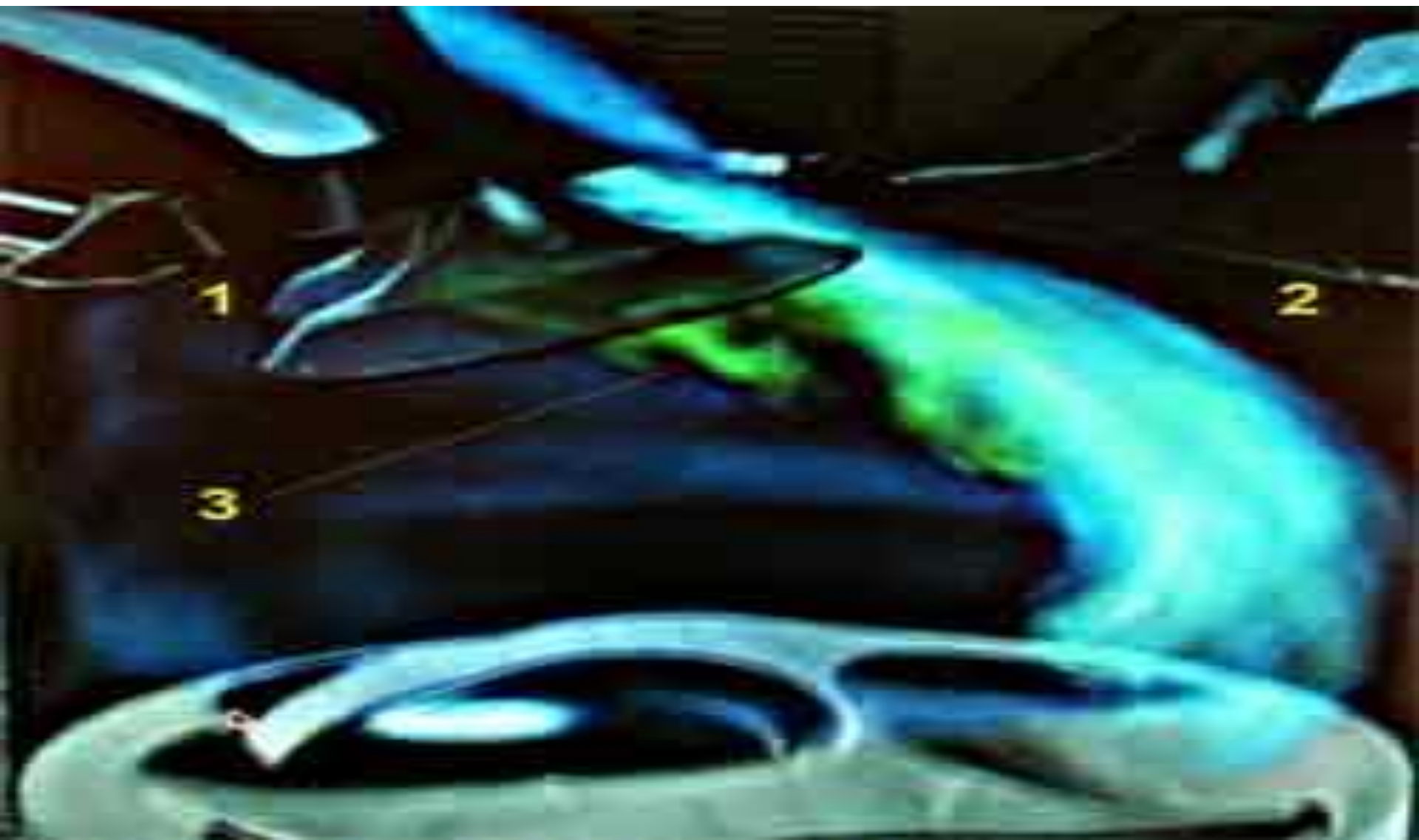
Процесс тепловыделения в дизеле можно условно
разделить на четыре фазы



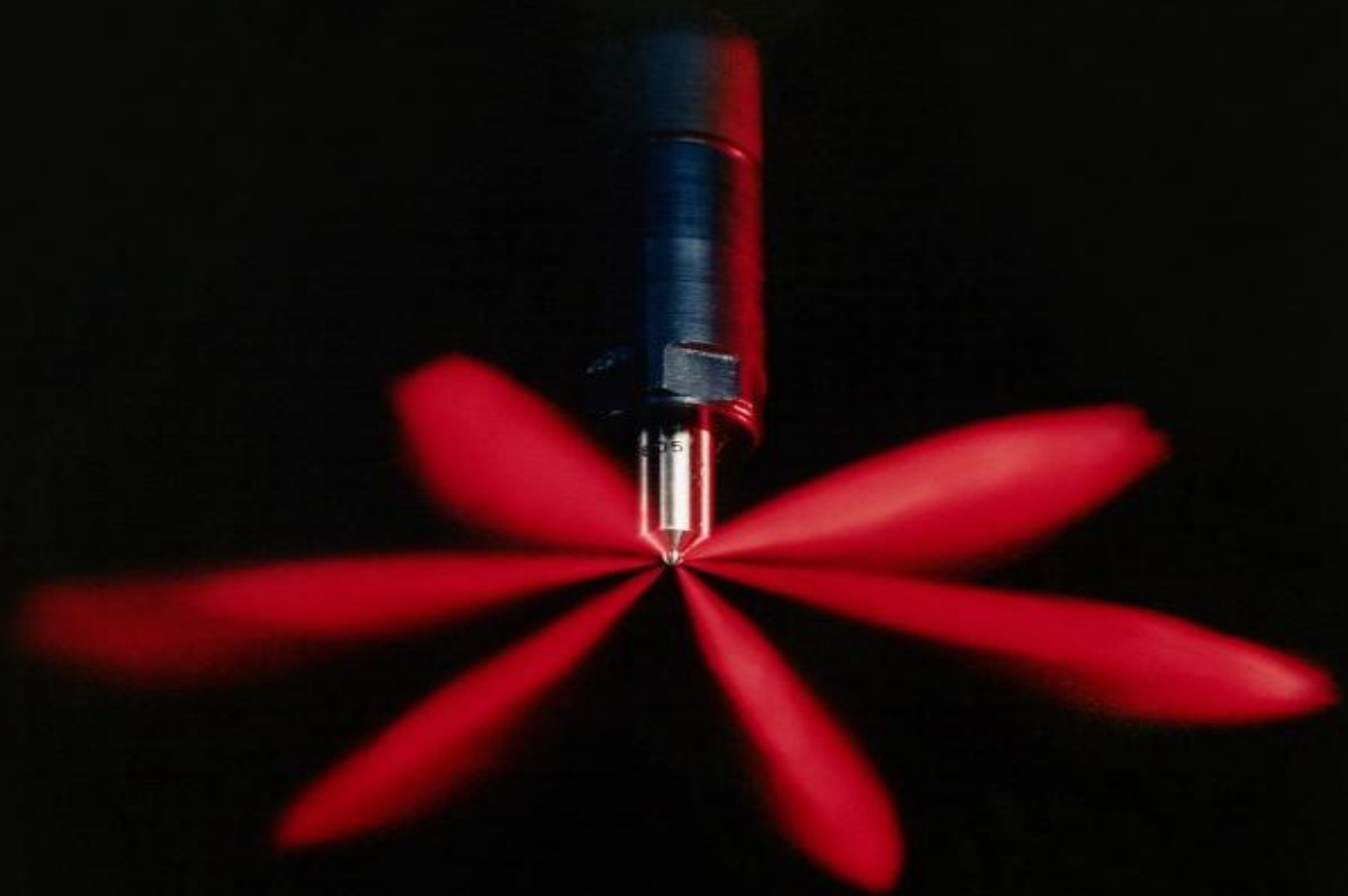
Первая фаза — период задержки воспламенения — начинается с момента начала впрыскивания топлива и заканчивается в момент, когда давление в цилиндре в результате выделения теплоты становится выше давления при сжатии воздуха без впрыскивания топлива. Длительность фазы определяют как интервал времени или угол поворота коленчатого вала



Фаза включает процессы распада струй на капли, продвижения капель по объему камеры сгорания, прогрева, частичного их испарения и смешения с воздухом, а также время саморазгона химических реакций.



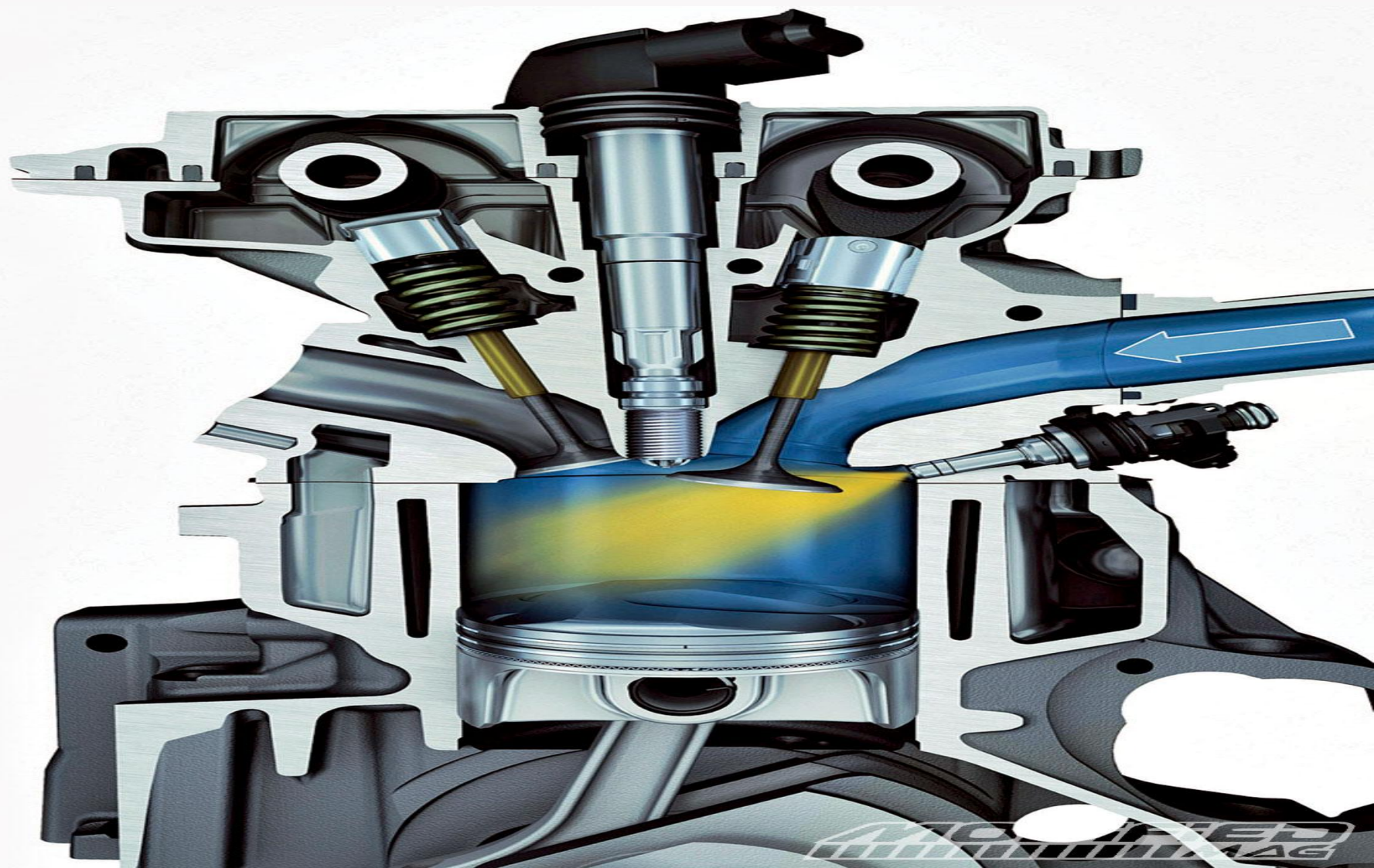
Неоднородность смеси по объему камеры сгорания положительно влияет на развитие воспламенения. В некоторых локальных зонах камеры сгорания существуют благоприятные условия для воспламенения даже бедной по составу смеси



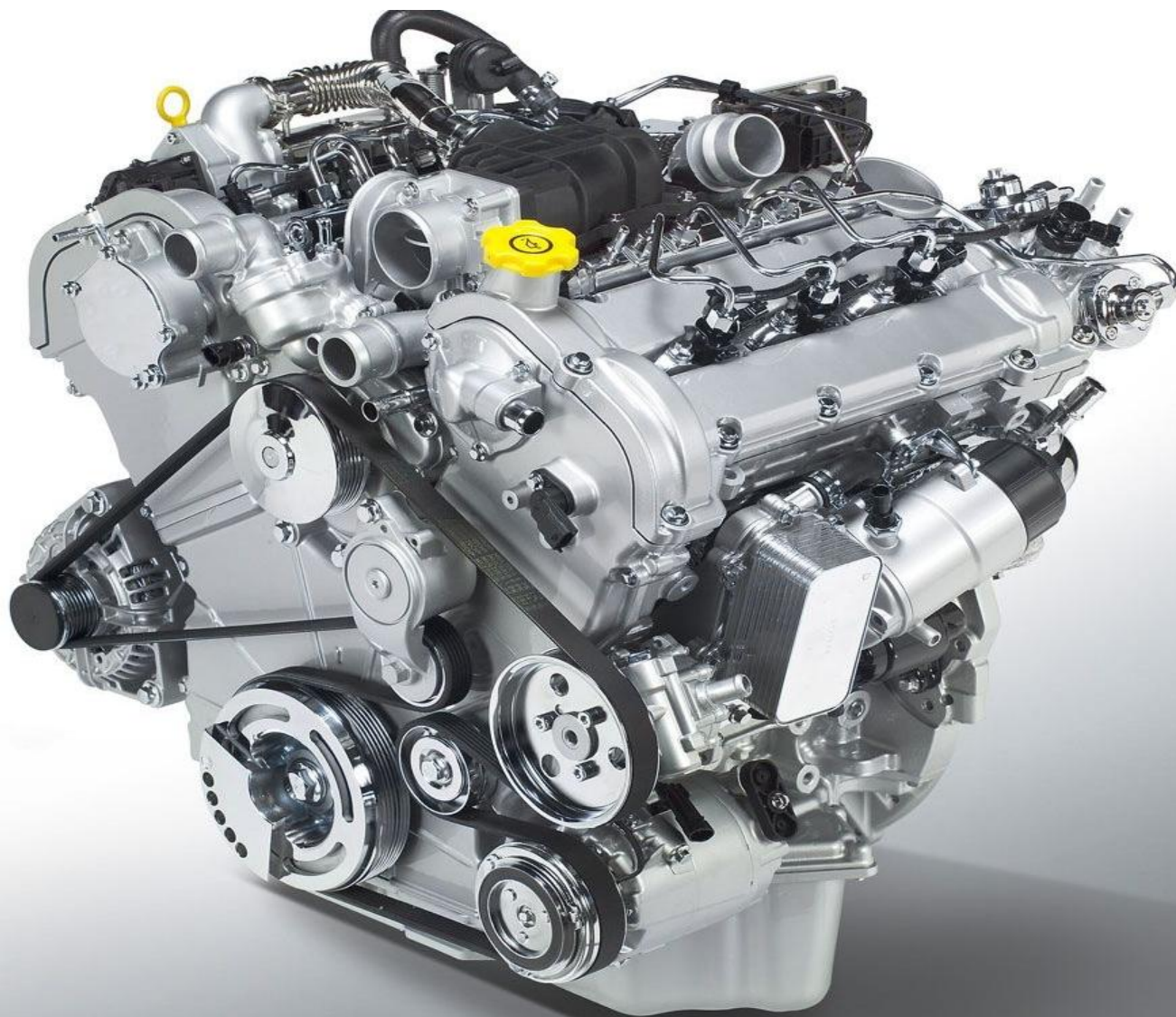
На длительность, задержки воспламенения влияет
воспламеняемость топлива улучшается при
увеличении цетанового числа топлива;



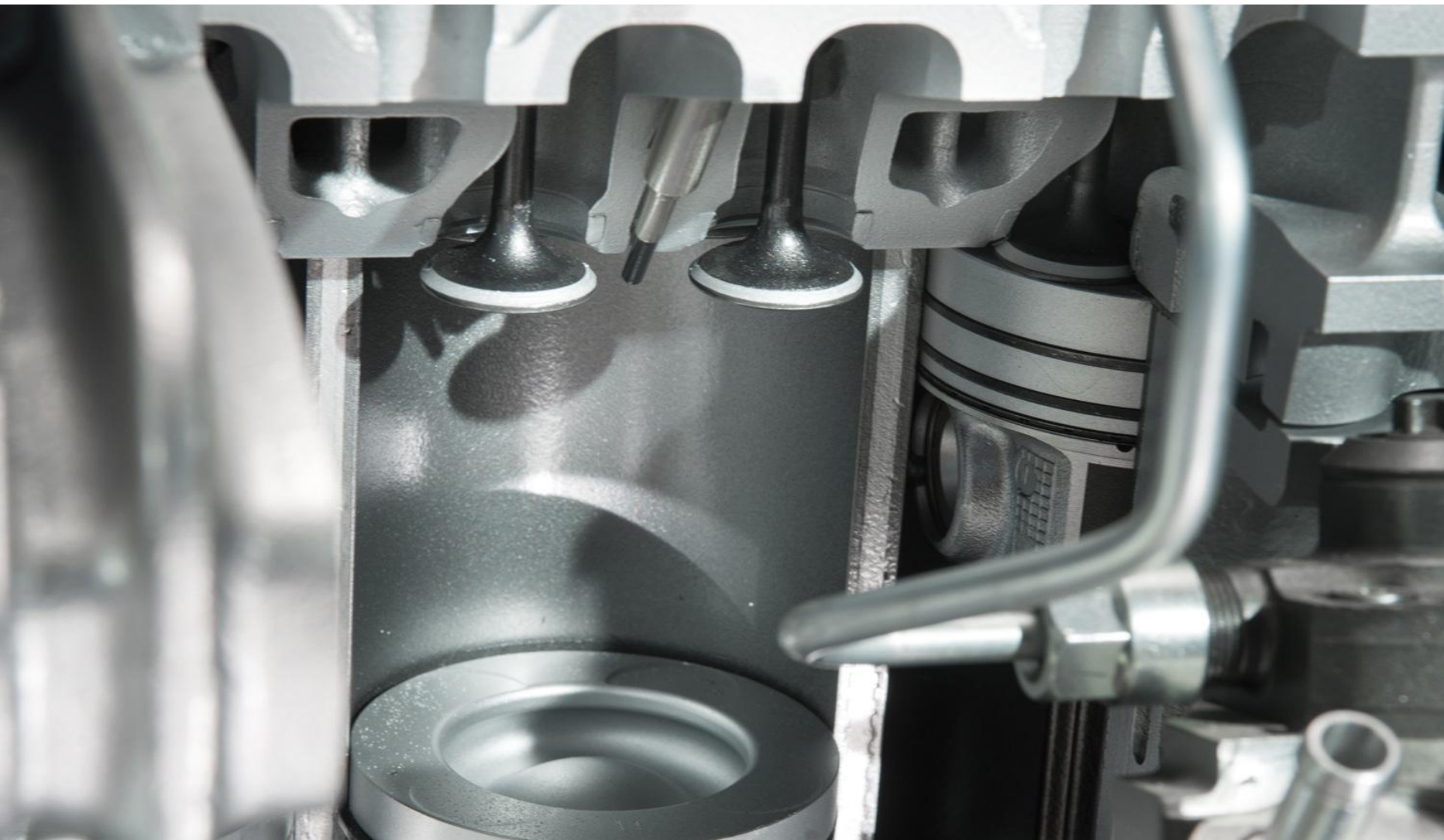
увеличение давления и температуры заряда в начале
впрыскивания топлива сокращает время задержки
воспламенения



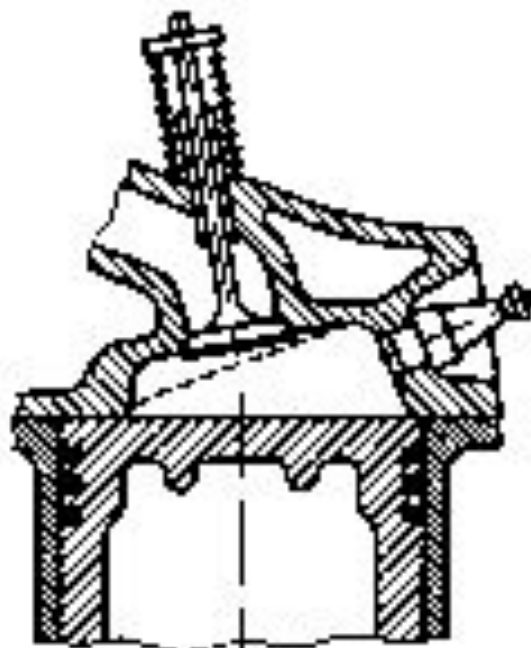
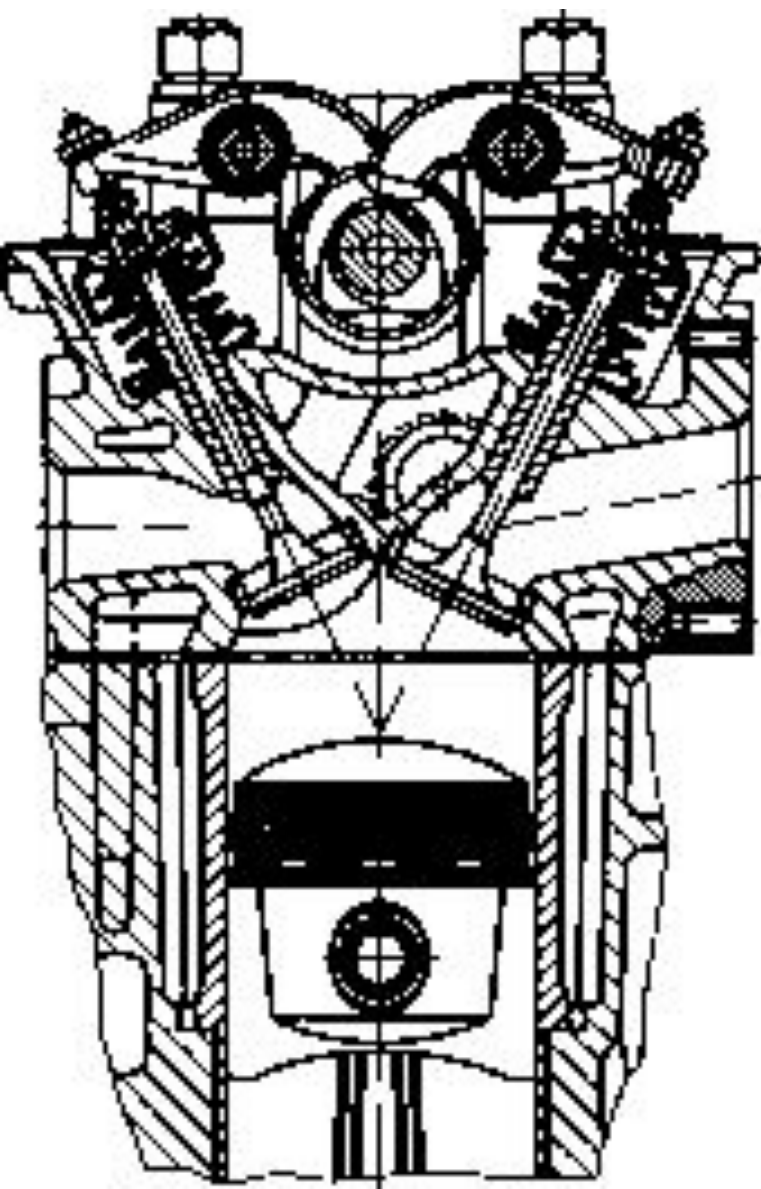
Применение наддува также уменьшает
длительность, задержки воспламенения



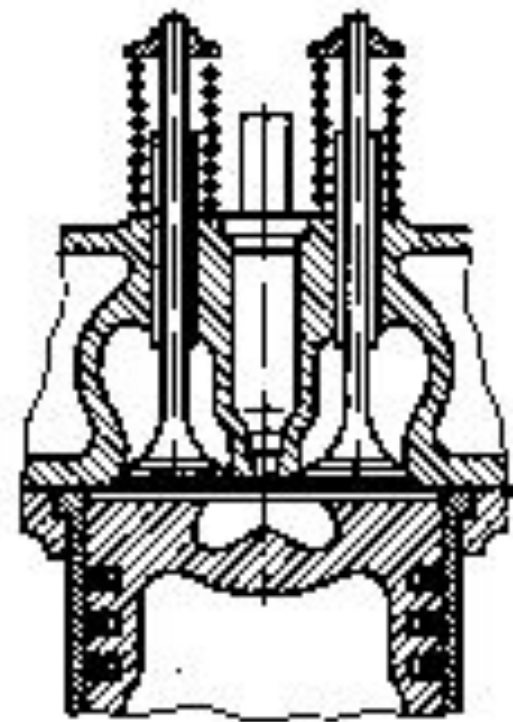
На длительность, задержки воспламенения влияет увеличение утечек заряда через кольца давление и температура заряда в конце сжатия могут снижаться, а это и приведет к увеличению задержки воспламенения



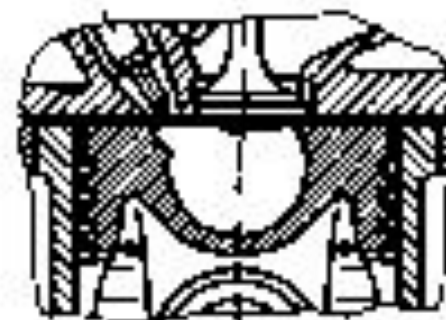
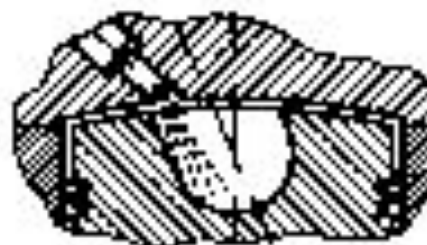
На длительность, задержки воспламенения влияет тип камеры



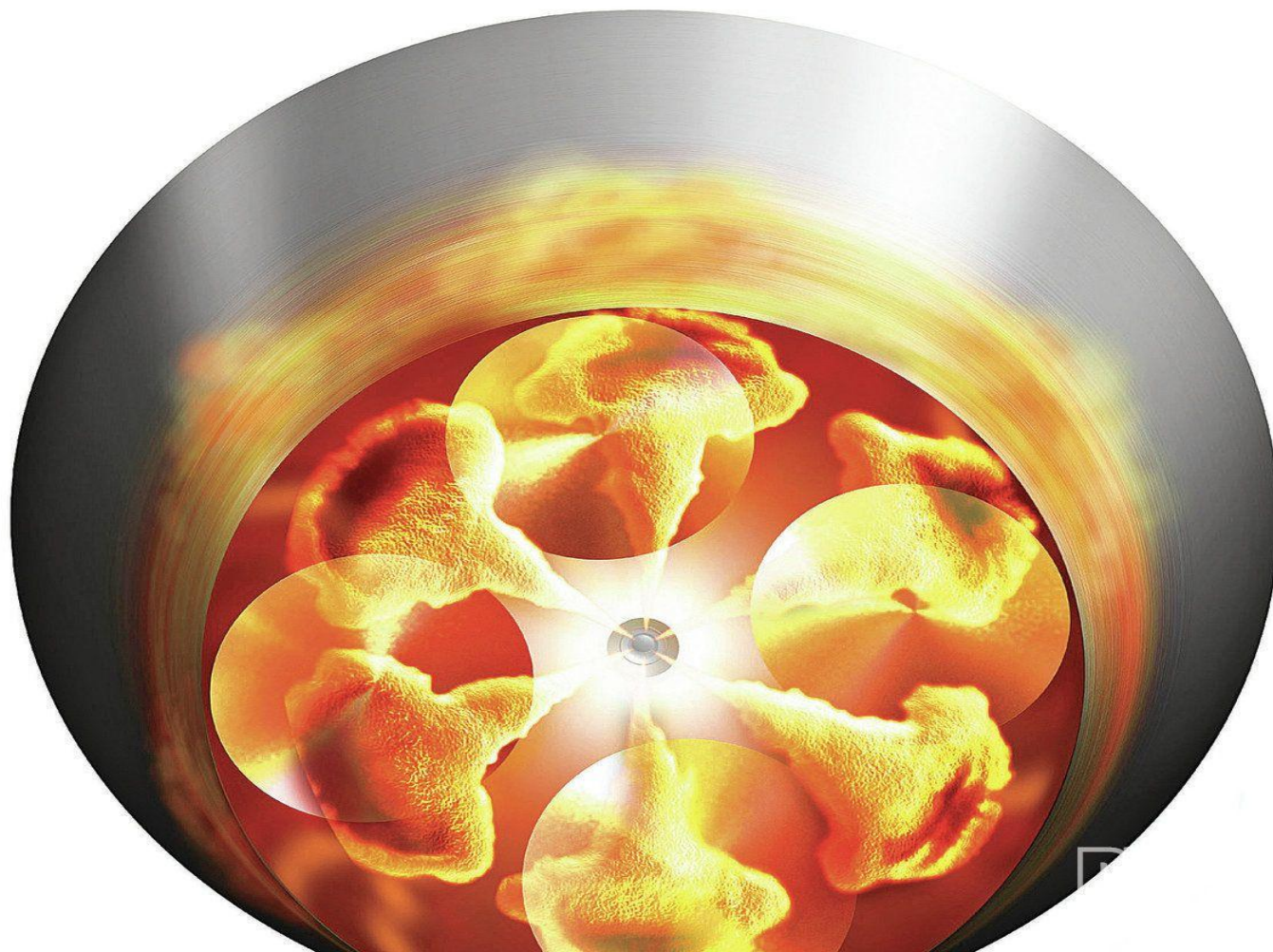
б



в



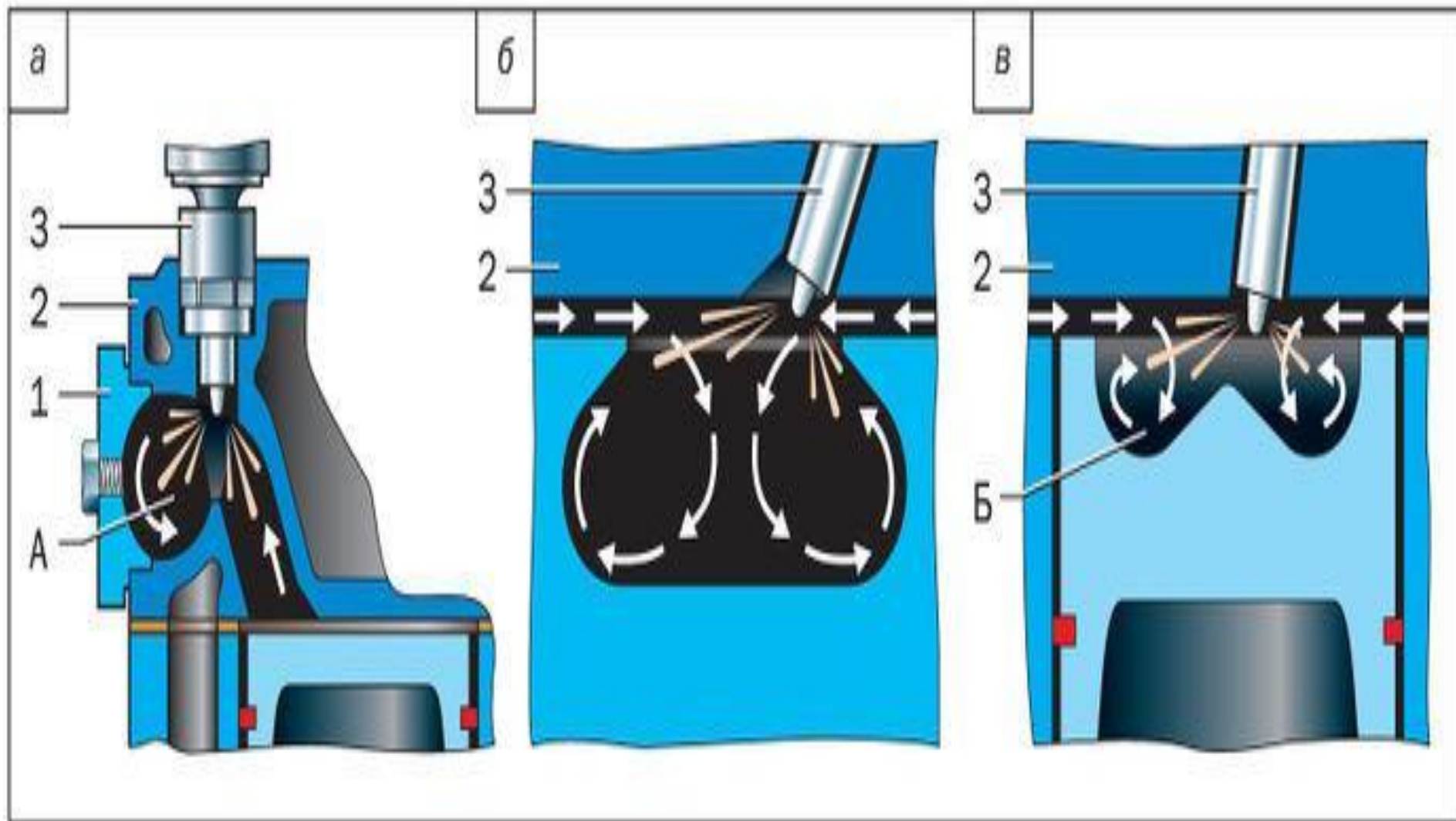
На длительность, задержки воспламенения влияет различия в распределении топлива по объему заряда и в пристеночной зоне, а также в температура стенок камеры сгорания



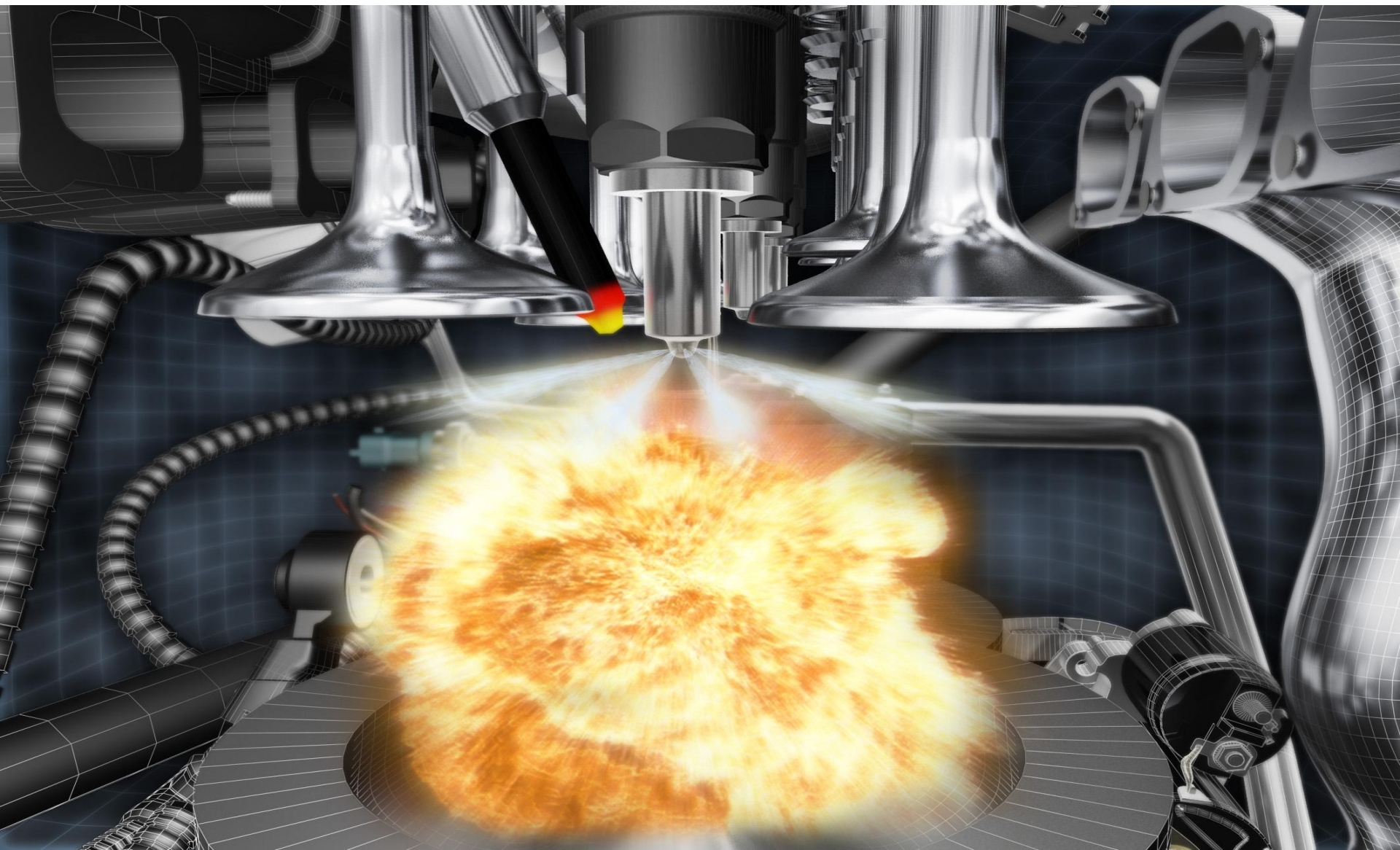
Увеличение интенсивности направленного движения заряда несколько сокращает длительность задержки воспламенения



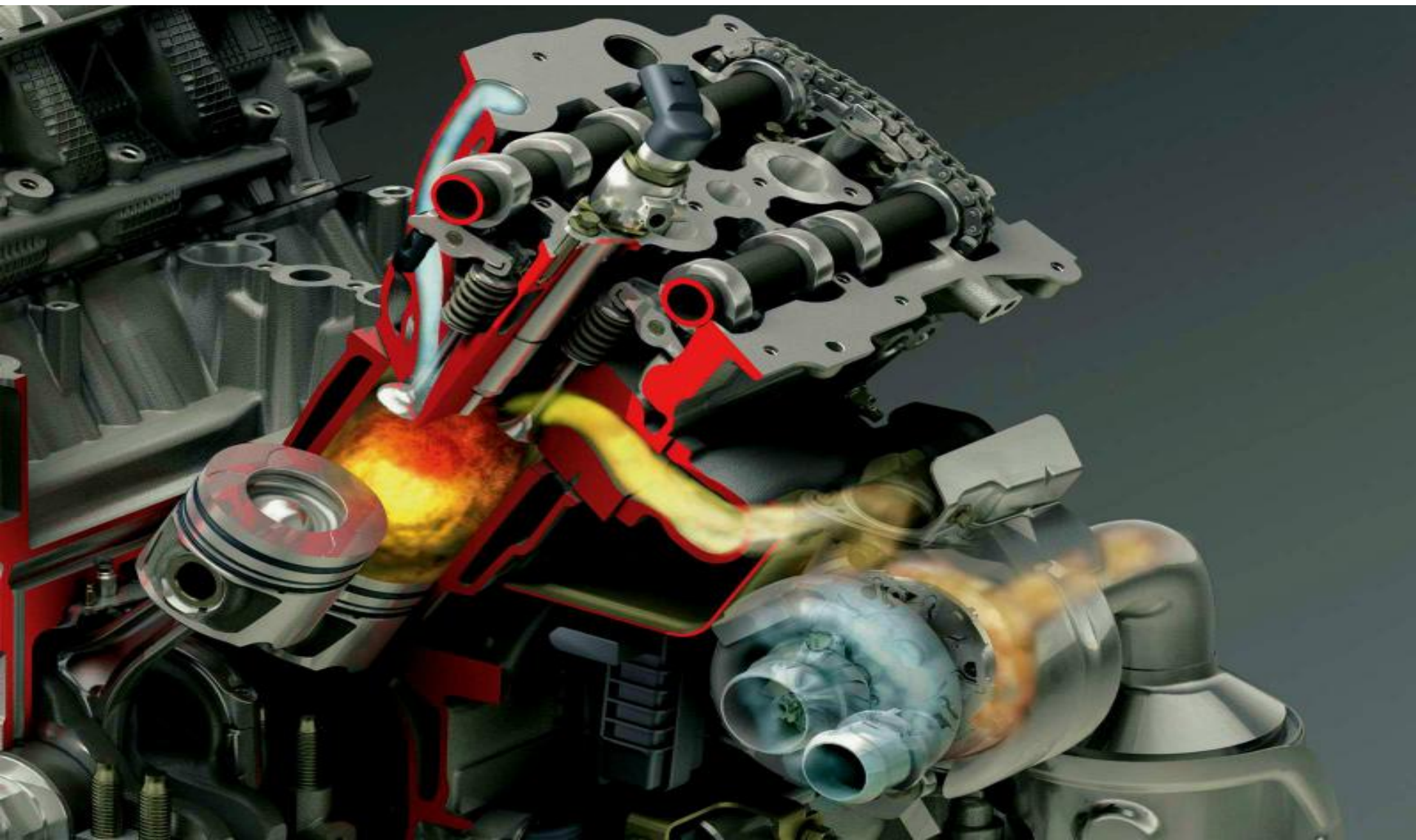
Увеличение частоты вращения способствует лучшему распыливанию топлива, повышению давления и температуры заряда и момент начала впрыскивания топлива, что сокращает длительность, задержки воспламенения



Вторая фаза — фаза быстрого сгорания — начинается с момента отрыва кривой сгорания от линии сжатия и завершается при достижении максимума давления.



В этой фазе вначале сгорает часть смеси, подготовленной к воспламенению за предыдущую фазу а затем процесс сгорания определяется смешением воздуха и топлива, подаваемого в данной фазе.

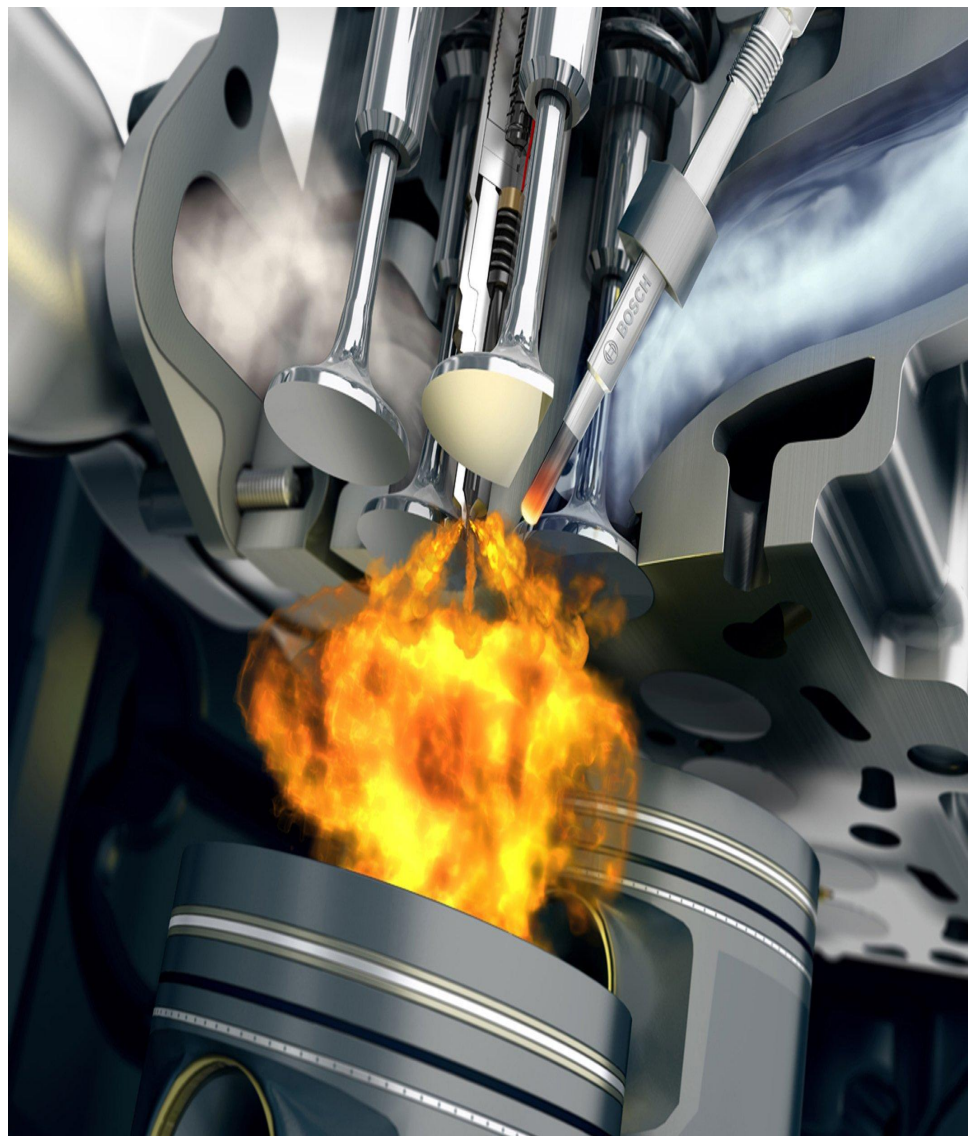


Развитие и длительность второй фазы сгорания определяют следующие факторы:

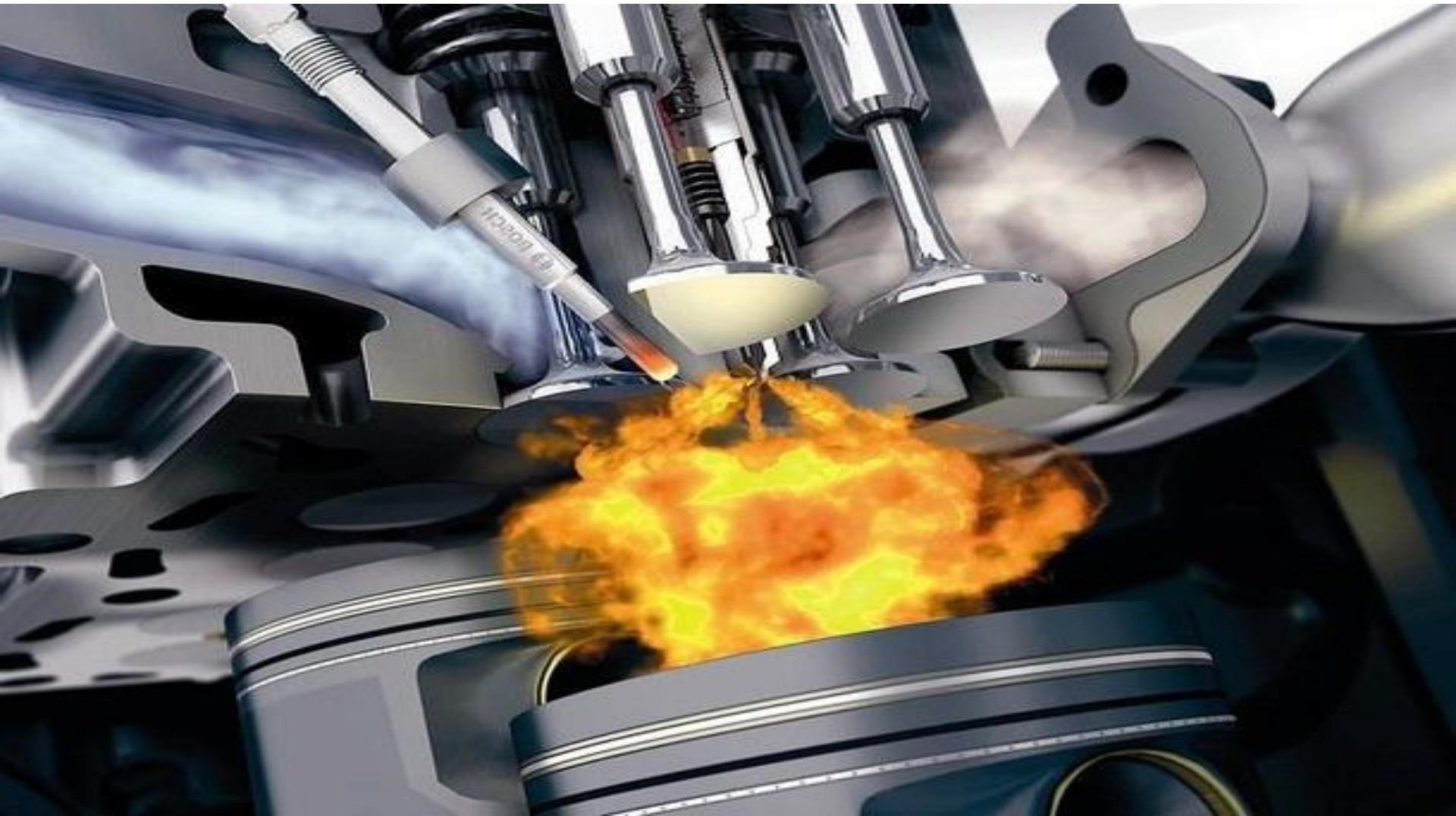
количество и состояние топлива,
поданного в цилиндр за время
задержки воспламенения,

количество и состояние топлива,
поданного в цилиндр в
течение второй фазы
сгорания;

с увеличением мелкости
распыливания первых порций
впрыскиваемого топлива
растут скорости
тепловыделения и нарастания
давления



Скорость движения заряда интенсифицирует тепловыделения в фазе быстрого сгорания, однако при сильной турбулизации количество выделяемой теплоты уменьшается, что увеличивает длительность второй фазы сгорания

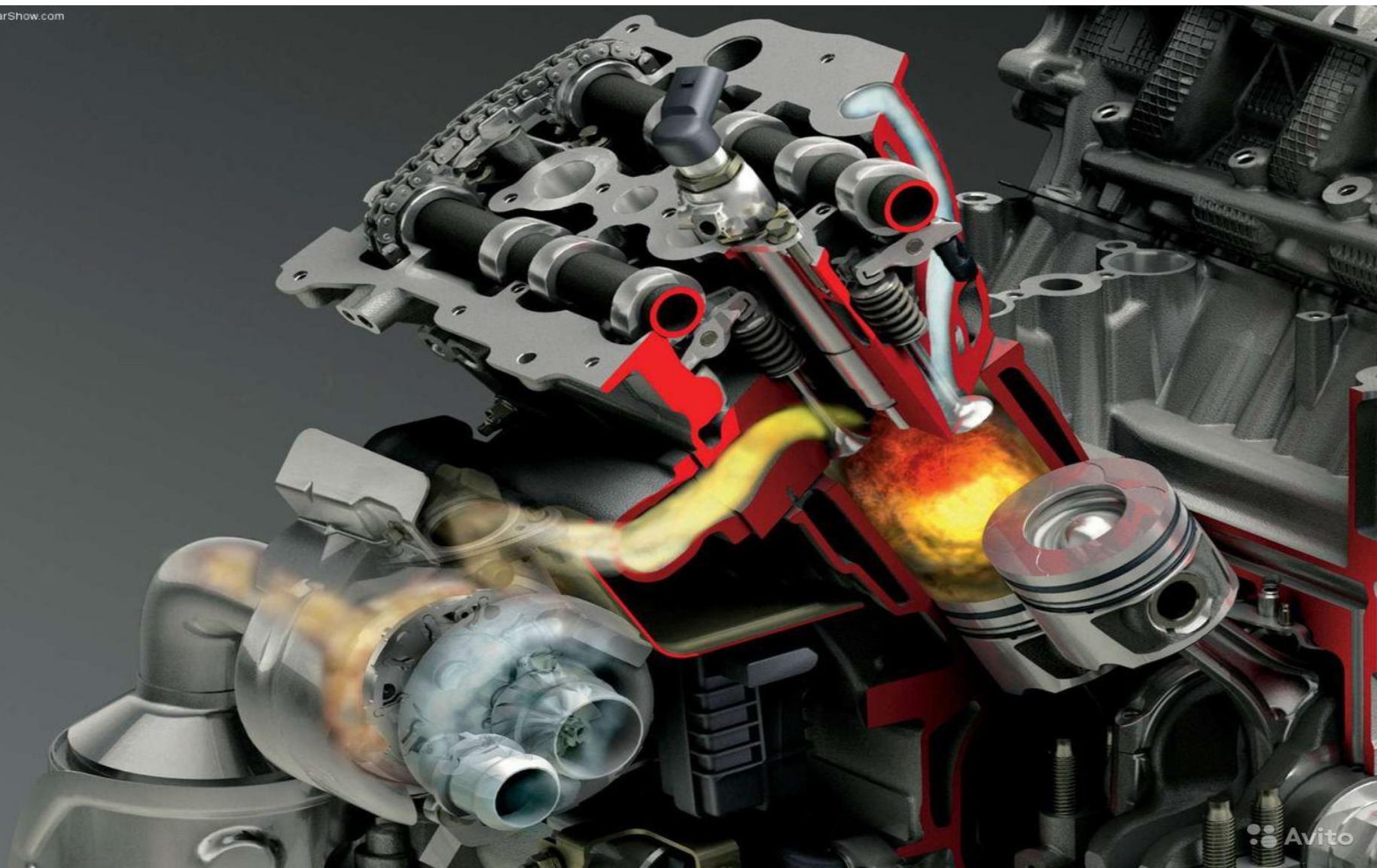


Развитие и длительность второй фазы сгорания определяют тип камеры и количество топлива попадающее в пристеночную зону и чем его больше, тем меньше скорости тепловыделения и нарастания давления;



Развитие и длительность второй фазы сгорания определяют следующие факторы:

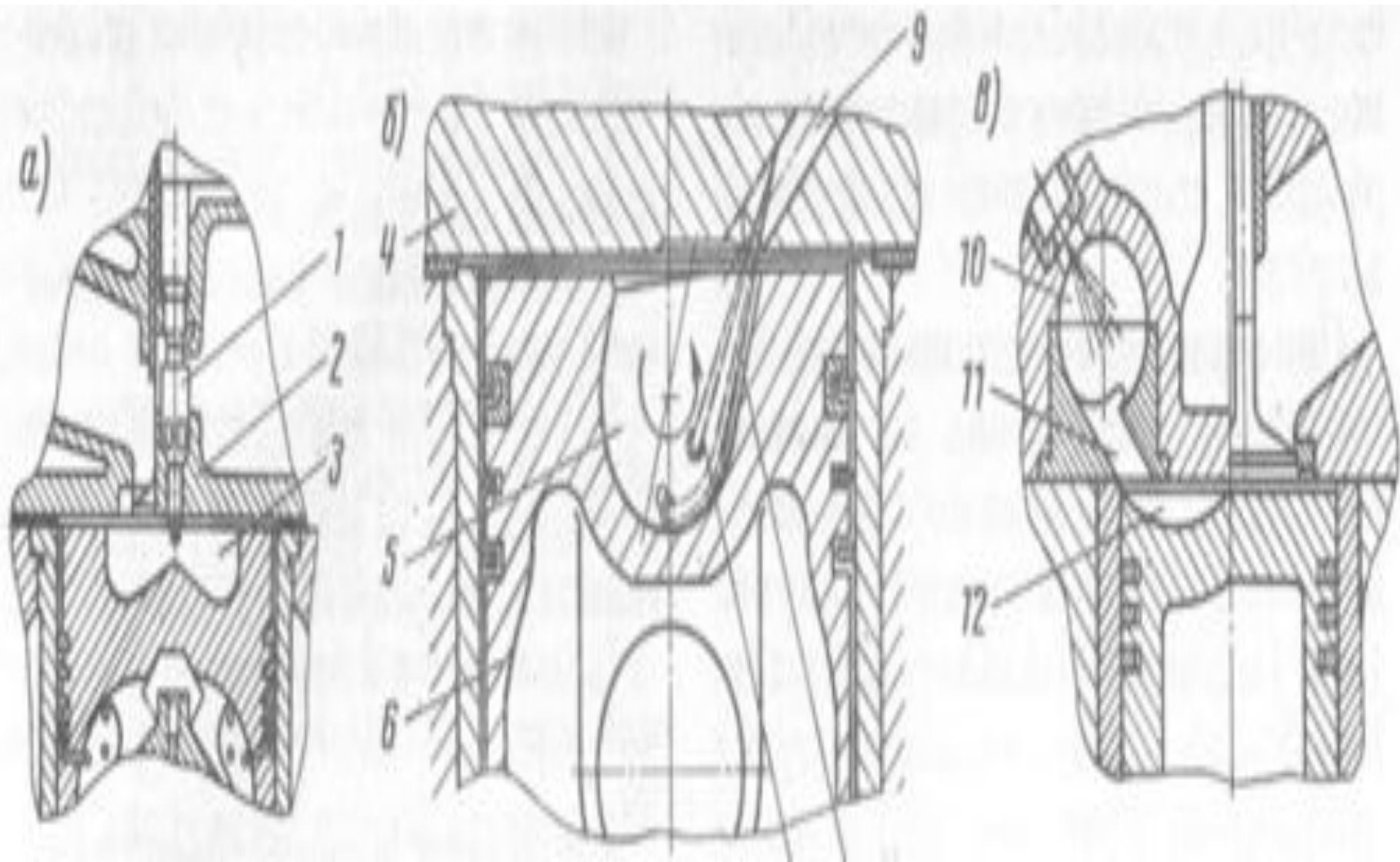
www.NetCarShow.com



Количества впрыскиваемой порции топлива, и длительности подачи приводит к большей продолжительности второй фазы сгорания



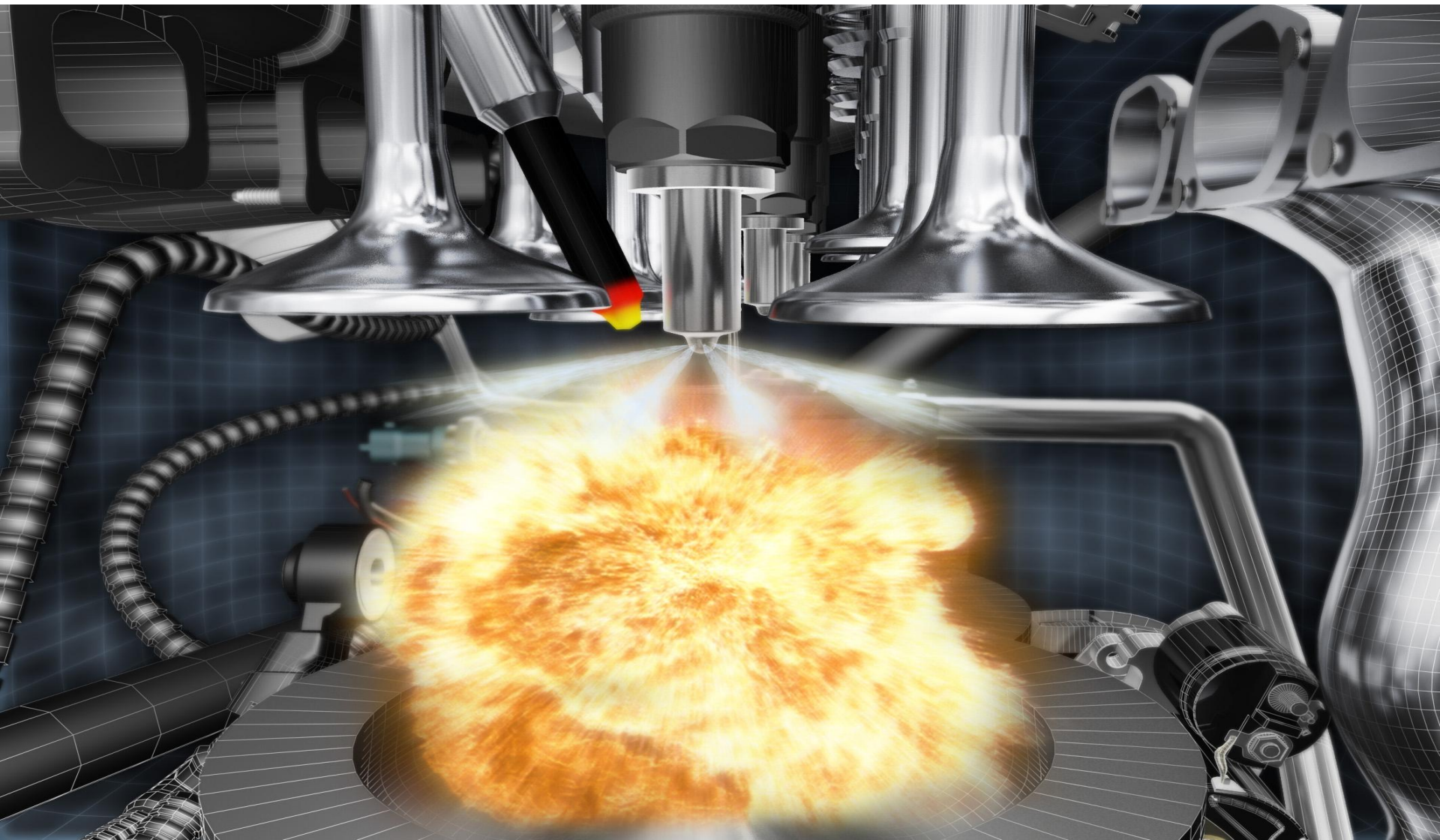
Повышение частоты вращения приводит к улучшению распыливания топлива, уменьшению продолжительности впрыскивания по времени, увеличению интенсивности движения заряда, повышению температуры и давления и ускорению химических реакций



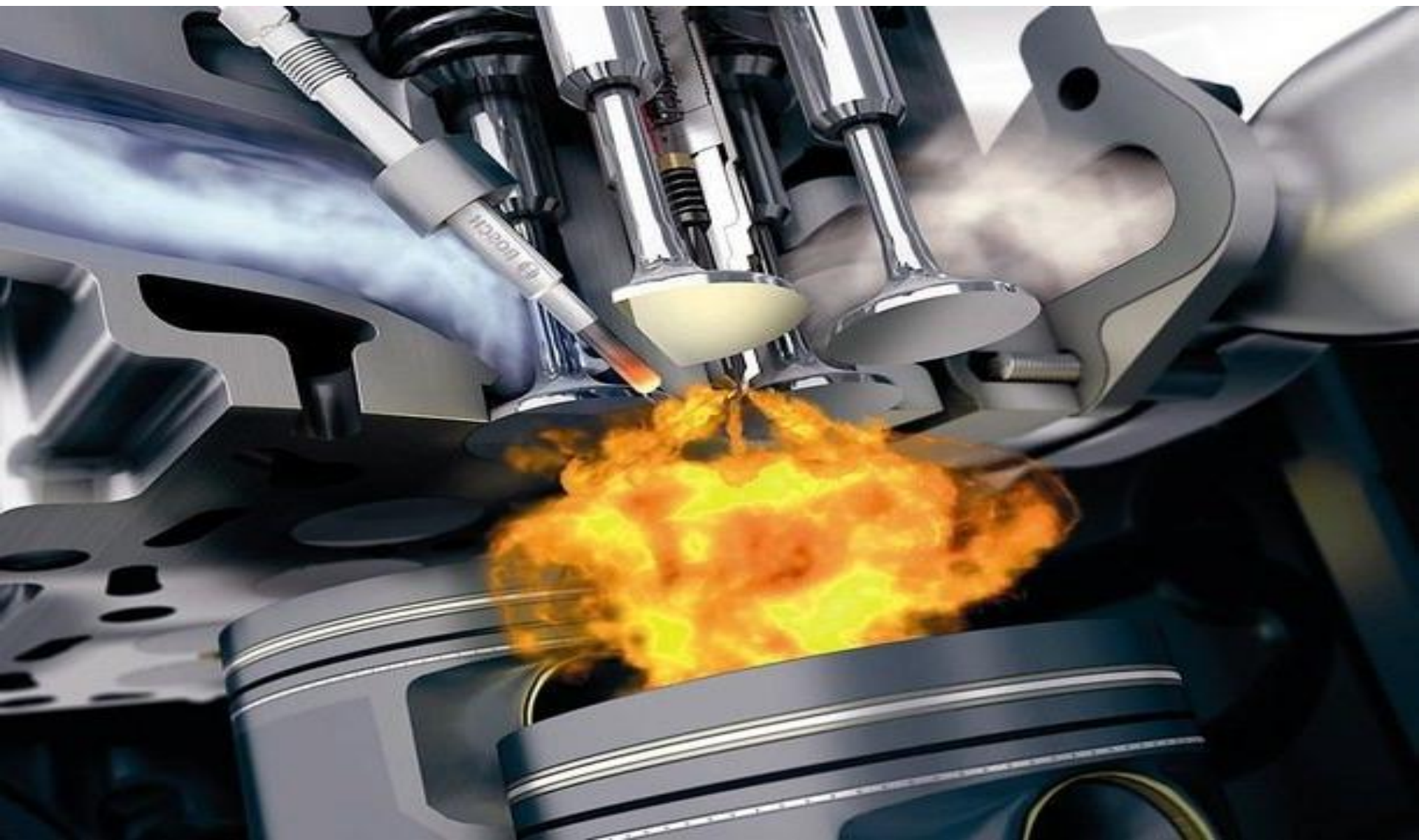
Третья фаза — фаза быстрого диффузионного сгорания —
начинается в момент достижения максимума давления и
завершается в момент достижения максимума температуры.



В этот период происходит быстрое смешение воздуха с топливом, подаваемым в пламя, а также интенсивное тепловыделение. В зонах с повышенным содержанием топлива происходит активное образование сажи.



На продолжительность третьей фазы сгорания влияют следующие факторы: количество топлива, впрыскиваемого после начала сгорания и качество распыливания



На продолжительность третьей фазы сгорания влияют следующие факторы

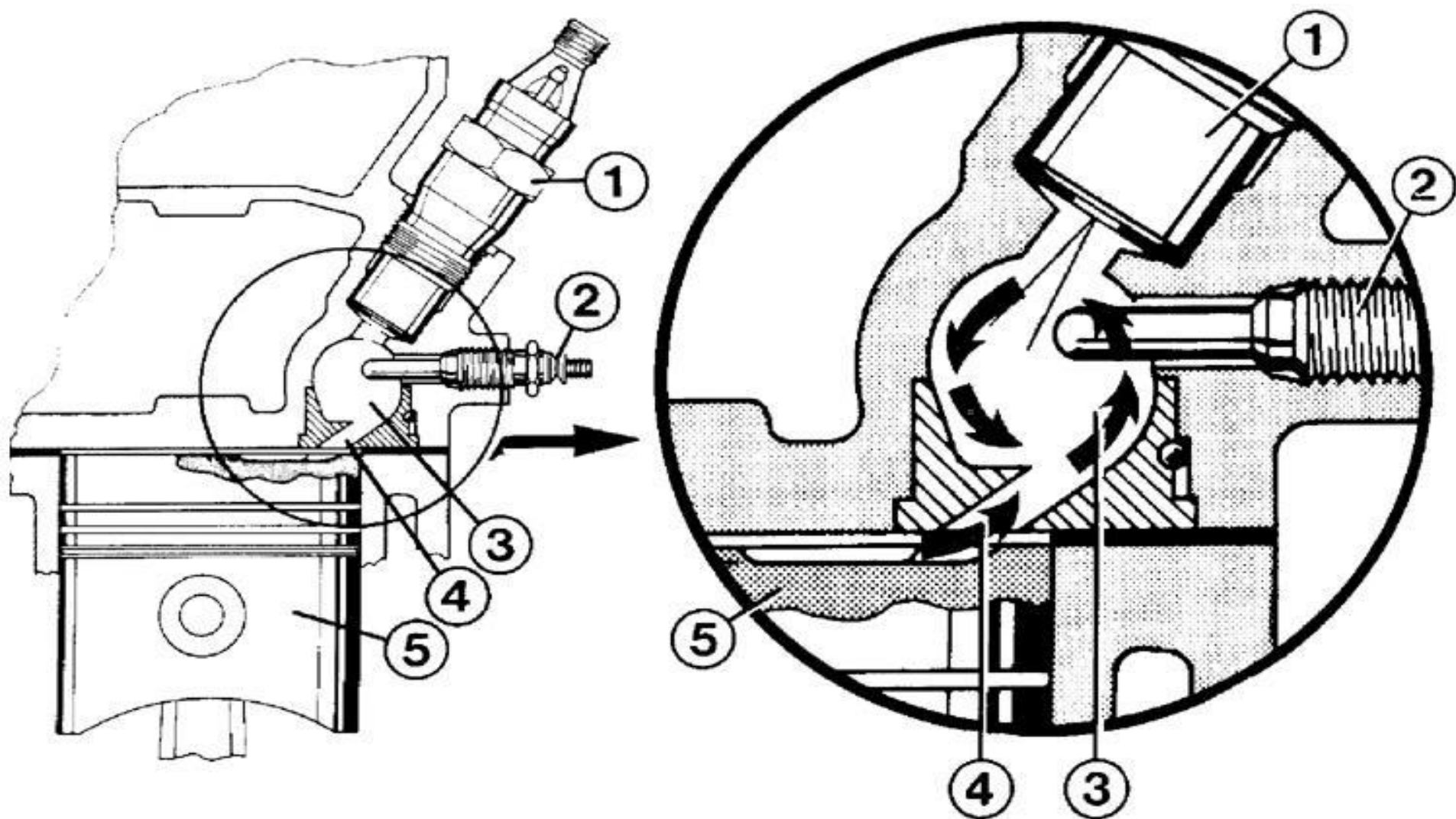


увеличение скорости движения воздушного заряда до определенного, оптимального значения повышает тепловыделение в третьей фазе. Дальнейшее ее повышение создает «перезавихривание» заряда, тепловыделение снижается, что связано с ухудшением распределения топлива в объеме заряда. При этом происходит перенос продуктов сгорания из зоны одного факела в зону другого. Это увеличивает неполноту сгорания и приводит к дымлению дизеля;

На продолжительность третьей фазы сгорания влияет повышение нагрузки и наддув увеличивается тепловыделение и его скорость, а также длительность третьей фазы



Увеличение частоты вращения интенсифицирует подачу и распыливание топлива благодаря повышению скорости движения заряда, при этом продолжительность третьей фазы по времени сокращается



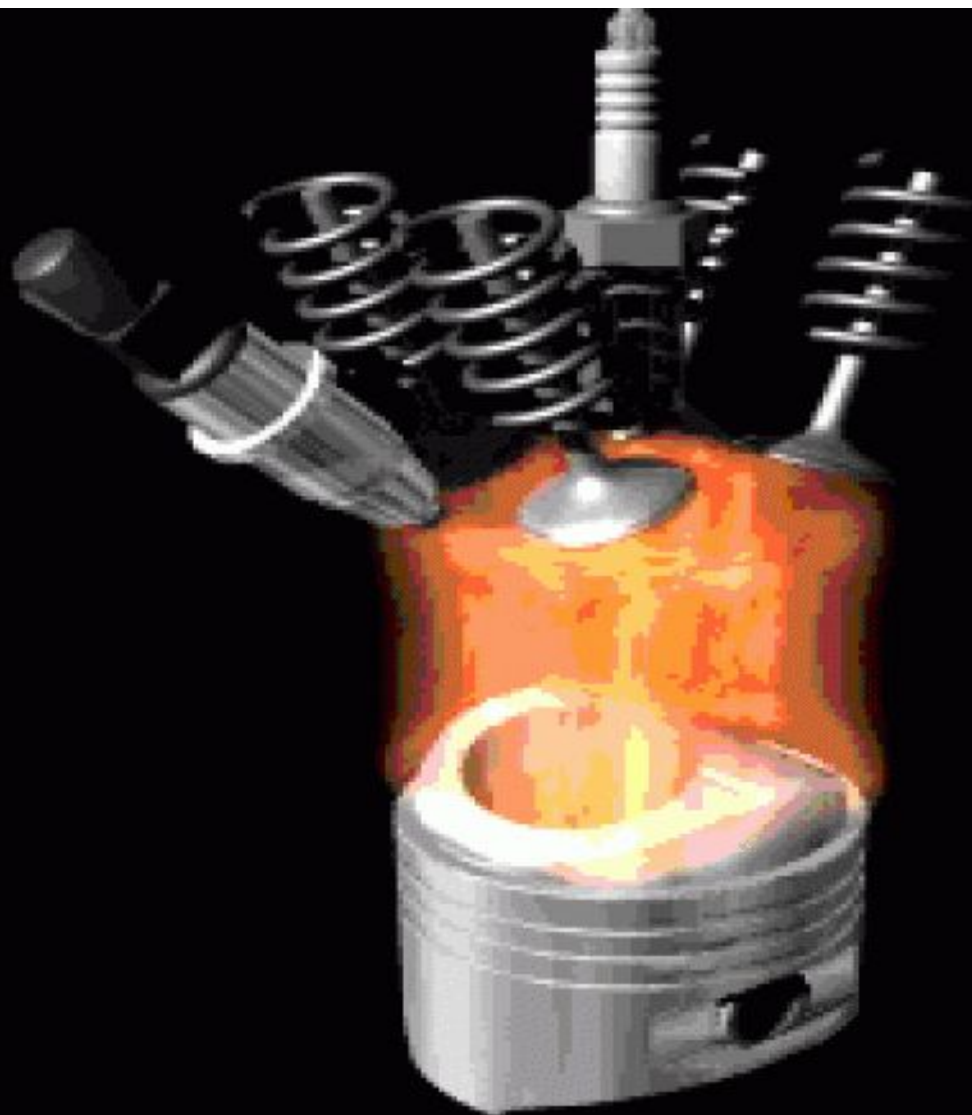
Четвертая фаза — догорание — начинается с момента достижения максимальной температуры цикла, т.е. практически после завершения впрыскивания, и завершается по окончании тепло-выделения.



Чем больше диаметр капель, тем больше продолжается догорание и интенсивнее сажеобразование.



Медленное завершение впрыскивания и подвпрыскивание вызывают затягивание процесса сгорания и образование сажи, снижает надежность работы дизеля, увеличивает закоксовывание распыливающих отверстий и отложения на деталях



Попадание топлива на холодные поверхности внутри цилинд-
рового пространства затягивает догорание топлива и вызывает
перегрев дизеля



Наддув обычно несколько затягивает процесс догорания топлива из-за роста продолжительности впрыскивания и ухудшения распределения топлива по объему камеры сгорания.

