

Занятие 7-8.**Рабочий цикл бензинового двигателя. Рабочий цикл дизельного двигателя**

В четырехтактном карбюраторном двигателе рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала, или четыре хода поршня, и состоит из тактов впуска, сжатия, расширения (рабочий ход) и выпуска.

Во время такта впуска (рис. 1, а) цилиндр заполняется горючей смесью. При этом кривошип коленчатого вала поворачивается на пол-оборота, а поршень перемещается от ВМТ к НМТ; впускной клапан 1 открыт, выпускной 2 закрыт. При движении поршня вниз объем над ним увеличивается, и в цилиндре создается разрежение, вследствие чего в цилиндр поступает по впускному трубопроводу приготовленная в карбюраторе или смесителе горючая смесь. Горючая смесь, поступающая в цилиндр двигателя, смешивается с отработавшими газами, оставшимися в небольшом количестве в камере сгорания от предыдущего цикла. Получившаяся смесь называется рабочей смесью.

Когда кривошип приходит в нижнее положение, а поршень доходит до НМТ, впускной клапан закрывается, и цилиндр оказывается заполненным горючей смесью. Из-за сопротивления впускной системы и нагревания потока смеси в конце впуска давление в цилиндре не достигает атмосферного и равно примерно 7...8 МПа. При увеличении числа оборотов двигателя это давление еще более снижается, что уменьшает плотность заполнения цилиндра горючей смесью. Температура смеси в конце впуска равна 100... 130 °С.

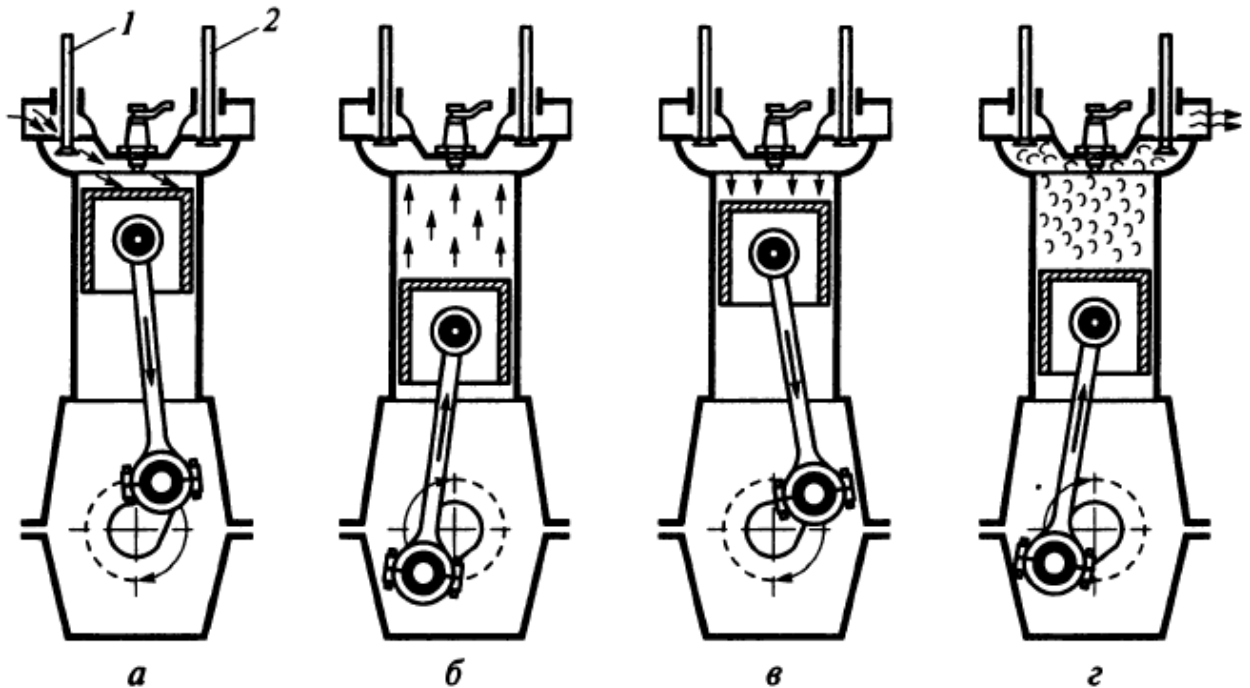


Рисунок 1 Рабочие циклы четырехтактного двигателя

а — впуск; б — сжатие; в — рабочий ход; г — выпуск; 1 — впускной клапан; 2 — выпускной клапан

Степень заполнения цилиндра горючей смесью характеризуется так называемым коэффициентом наполнения, представляющим собой отношение массы действительного заряда, поступившего в цилиндр, к массе заряда, который имел бы цилиндр при атмосферном давлении и нормальной температуре (15 °С). Для современных высокооборотных автомобильных двигателей коэффициент наполнения равен примерно 0,65...0,80.

При такте сжатия (рис. 1, б) происходит сжатие рабочей смеси, что необходимо для ее более быстрого сгорания и получения большого давления газов в цилиндре. При сжатии смеси поршень перемещается от НМТ к ВМТ. Впускной и выпускной клапаны при этом закрыты. В конце такта сжатия смесь сжимается до объема камеры сгорания, в которой смесь размещается. Чем больше степень сжатия двигателя, тем сильнее сжимается рабочая смесь и тем выше при сгорании давление газов на поршень и экономичнее работа двигателя.

Однако, предельные значения степени сжатия для карбюраторных двигателей ограничиваются свойствами применяемого топлива (бензина), например его антидетонационной стойкостью, характеризуемой октановым числом. Чем выше октановое число (изменяющееся для автомобильных бензинов примерно от 80 до 98), тем большей антидетонационной стойкостью обладает топливо.

Чрезмерно высокая степень сжатия может привести к особому детонационному воспламенению смеси и нарушению нормального процесса ее сгорания, которое будет происходить с очень большими скоростями и резкими местными повышениями давления в цилиндре. В результате этого нарушается нормальная работа двигателя, появляются резкие металлические стуки вследствие вибрации деталей под действием повышенного давления и дымный искристый выпуск в результате неполного сгорания топлива. Это приводит к перегреву двигателя, снижению мощности и экономичности и увеличению износа его деталей.

Во избежание нарушения нормальных условий сгорания рабочей смеси в карбюраторных двигателях при использовании существующих сортов бензина смесь сжимают не более чем в 7—10 раз, т. е. степень сжатия карбюраторных двигателей не должна быть выше 7... 10. При этом для двигателей с более высокими степенями сжатия требуется применение топлива с хорошими антидетонационными свойствами, т. е. с высоким октановым числом. К концу такта сжатия давление в цилиндре возрастает примерно до 80... 120 МПа, а температура смеси достигает 450...500°С.

При такте расширения, или рабочем ходе (рис. 1, в), поршень в цилиндре перемещается вниз под действием давления газов, приводя через шатун во вращение коленчатый вал двигателя. В конце такта сжатия, когда поршень приходит в ВМТ, в цилиндр подается электрическая искра, воспламеняющая сжатую рабочую смесь. Смесь сгорает очень быстро с выделением большого количества теплоты. Из-за сильного нагрева газов, образовавшихся при сгорании, давление в цилиндре резко возрастает, и поршень под действием этого давления с большой скоростью перемещается вниз от ВМТ к НМТ, приводя во вращение через шатун коленчатый вал. Впускной и выпускной клапаны при этом закрыты. В момент сгорания рабочей смеси температура газов в цилиндре повышается до 1800... 2000 °С, а давление — до 250... 300 МПа. При движении поршня к НМТ газы расширяются, и их давление и температура в цилиндре постепенно

уменьшаются. В конце рабочего хода давление в цилиндре падает до 30...40 МПа, а температура снижается до 800... 1100°C.

При такте выпуска (рис. 1, г) происходит очищение цилиндра от отработавших газов. При этом впускной клапан 1 закрыт, выпускной 2 открыт, а поршень перемещается от НМТ к ВМТ. При движении поршня к ВМТ оставшиеся в цилиндре после сгорания смеси отработавшие газы выталкиваются через выпускной клапан в атмосферу.

Так как удалить полностью отработавшие газы из цилиндра не представляется возможным вследствие сопротивления потоку газов выпускной системы (клапан, выпускной трубопровод, глушитель), давление в конце такта выпуска составляет примерно 0,105...0,115 МПа. Температура отработавших газов в начале выпуска равна 700...800°C, к концу выпуска она понижается до 300... 400 °C.

Степень очистки цилиндра от отработавших газов характеризуется коэффициентом остаточных газов, представляющим собой отношение массы остаточных газов к массе свежего заряда. Для современных высокооборотных карбюраторных автомобильных двигателей коэффициент остаточных газов составляет примерно 0,08...0,20, возрастая при увеличении частоты вращения коленчатого вала. При дальнейшем вращении коленчатого вала (работе двигателя) снова происходит такт впуска, затем такт сжатия, рабочий ход и такт выпуска и т.д.

Таким образом, в четырехтактном одноцилиндровом двигателе коленчатый вал вращается под действием давления газов только при рабочем ходе. При совершении вспомогательных тактов (выпуске, впуске и сжатии рабочей смеси) противодействие действующих на поршень газов создает сопротивление вращению вала, для преодоления которого необходимо к валу приложить внешний момент. Для повышения равномерности вращения коленчатого вала и осуществления вспомогательных тактов на коленчатом валу устанавливают маховик, представляющий собой стальной или чугунный диск, закрепленный на конце коленчатого вала.

Так как маховик имеет значительную массу, он накапливает механическую (кинетическую) энергию при рабочем ходе и продолжает вращаться по инерции после окончания рабочего хода. Вместе с маховиком вращается и коленчатый вал, который перемещает поршень в течение всех вспомогательных тактов. При последующем рабочем ходе маховик снова накапливает механическую энергию и отдает ее при следующих вспомогательных тактах, вращаясь по инерции. При наличии маховика вращение коленчатого вала совершается более равномерно. Маховик способствует также переводу деталей кривошипно-шатунного механизма через положения, соответствующие мертвым точкам поршня.

Устройство и работа дизеля.

Рабочий цикл четырехтактного дизеля включает в себя такты впуска, сжатия, рабочего хода, выпуска.

При такте впуска поршень перемещается от ВМТ к НМТ, и через открытый впускной клапан в цилиндр через воздухоочиститель по впускному трубопроводу поступает чистый воздух. В этом заключается основное отличие дизеля от карбюраторного двигателя, в котором при такте впуска в цилиндр поступает горячая смесь. Впускная система дизеля более проста в устройстве и поэтому оказывает меньшее сопротивление прохождению воздуха; давление в цилиндре в конце впуска близко к атмосферному и равно 8,5...9,5 МПа, т.е. цилиндр заполняется лучше. Температура заряда

в конце впуска равна 60...70 °С. Коэффициент наполнения дизеля несколько выше, чем карбюраторного двигателя, и составляет примерно 0,8...0,9.

Во время такта *сжатия* поршень перемещается от НМТ к ВМТ при закрытых клапанах и сжимает поступивший в цилиндр воздух. В дизелях применяется значительно более высокая степень сжатия, чем в двигателях с искровым зажиганием, достигающая 16... 17, так как при сжатии чистого воздуха нет опасности возникновения детонационного сгорания смеси. В конце такта сжатия давление в цилиндре возрастает до 350...450 МПа, а температура воздуха повышается до 600...700 °С.

Перед *рабочим ходом* в конце такта сжатия в цилиндр через форсунку при помощи специального топливного насоса под большим давлением впрыскивается дизельное топливо в мелко распыленном состоянии. Частицы топлива, соприкасаясь с воздухом, имеющим высокую температуру, быстро сгорают. При этом выделяется большое количество теплоты, в результате чего температура в цилиндре повышается до 1700...2000°С, а давление — до 700...800 МПа.

Под действием давления газов поршень перемещается к НМТ — происходит рабочий ход. Оба клапана при этом закрыты. При рабочем ходе газы, образовавшиеся вследствие сгорания топлива, расширяются, и давление их к концу рабочего хода падает до 30...40 МПа, а температура снижается до 600...650 °С. Для обеспечения возможно более полного сгорания смеси в дизелях воздух по отношению к топливу подается в цилиндр с большим коэффициентом избытка воздуха ($\alpha = 1,2... 1,6$).

При такте *выпуска* поршень перемещается от НМТ к ВМТ, и через открытый выпускной клапан выталкивает отработавшие газы, очищая цилиндр. Давление в цилиндре к концу выпуска падает до 10,5... 11,5 МПа, а температура — до 200...300°С. Вследствие повышенной степени сжатия коэффициент остаточных газов для дизеля составляет примерно 0,03...0,07. При дальнейшем вращении коленчатого вала все перечисленные такты повторяются в такой же последовательности.

Большие значения степени сжатия в дизелях обеспечивают их высокую экономичность. Степень сжатия в дизелях ограничивается величиной потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме, прочностью деталей и условиями пуска двигателя.

Быстрота и полнота сгорания топлива, вводимого в цилиндр двигателя, а следовательно, его мощность и экономичность зависят от того, насколько тщательно частицы топлива перемешаны с воздухом.

В дизеле продолжительность приготовления смеси чрезвычайно мала и ограничивается тем промежутком времени, в течение которого топливо впрыскивается через форсунку в камеру сгорания. Это время соответствует повороту вала всего на 12...20°. Хорошее смесеобразование в чрезвычайно короткий промежуток времени в дизелях обеспечивается тонким распыливанием топлива форсункой, а также созданием в камере сгорания сильных вихреобразных движений сжимаемого воздуха.

Автомобильные дизели по способу смесеобразования можно разделить на две основные группы: с непосредственным впрыском топлива в камеру сгорания и с вихрекамерным смесеобразованием. Например, в четырехтактных дизелях ЯМЭ-236 и ЯМЭ-238 применяется непосредственный впрыск топлива через форсунку в однополостную камеру сгорания, расположенную в поршне и имеющую специальную (тороидную) форму.

Высокое качество смесеобразования обеспечивается тем, что топливо, впрыскиваемое через несколько отверстий распылителя форсунки под большим

давлением (1500 МПа), хорошо распыливается и заполняет объем камеры сгорания. Попадая на стенки камеры сгорания и двигаясь по ним в виде пленки, топливо интенсивно испаряется под действием вихрей воздуха, создаваемых специальной формой камеры сгорания. При сгорании сначала воспламеняется смесь, находящаяся в камере сгорания, а затем смесь, образованная воздухом и парами движущейся топливной пленки. Такой способ смесеобразования получил название объемного пленочного смесеобразования. Он обеспечивает интенсивное перемешивание топлива с воздухом, полное сгорание смеси и высокую топливную экономичность дизеля. Минимальный удельный расход топлива для дизелей ЯМЗ составляет 219 г/(кВт ч).

Интенсивности смесеобразования способствует вихреобразное движение воздуха, поступающего в цилиндр через впускной клапан, канал которого расположен касательно к окружности цилиндра. Это вихреобразное движение воздуха сохраняется и в камере сгорания в конце такта сжатия, когда начинается впрыск топлива. Для повышения степени использования рабочего объема цилиндров и повышения литровой мощности в современных дизелях применяются наддув воздуха в цилиндры с помощью специального устройства — турбонагнетателя и предварительное охлаждение нагнетаемого воздуха в воздухоохладителе. При этом создается давление воздуха во впускном трубопроводе, равное примерно 1,60... 1,95 МПа, и наполнение цилиндров свежим зарядом улучшается. Применение вышеуказанных устройств позволяет повысить мощность дизеля на 30...40% и значительно снизить токсичность выхлопных газов.