

Лекция 11

Термодинамический анализ цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении

Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении предложен на этапе развития тепловых двигателей и поиска возможностей использования более высоких значений степени сжатия. Такая возможность была предложена немецким инженером Дизелем. Основной особенностью такого двигателя является разделения процессов сжатия воздуха и подачи топлива. В рабочий объем цилиндра в процессе перемещения поршня к НМТ происходит поступление чистого воздуха, без присутствия топливного компонента. В процессе адиабатного сжатия чистого воздуха, при использовании значений степени сжатия более 15 и до 20...25 единиц. Воздух нагревается до высоких температур $T_c = 800 \dots 1000 K$. Такая температура обеспечивает надежное воспламенение топливно-воздушной смеси, образующейся после впрыска топлива под высоким давлением в камеру сжатого воздуха.

Таким образом, процесс подвода и поступления теплоты происходит уже на начальном участке предварительного расширения. Процесс подачи топлива и подвод теплоты регулируется для обеспечения нормальной работы двигателя, без превышения предельных механических нагрузок в элементах кривошипно-шатунного механизма, ограничением максимального давления. Такой цикл и получил название цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении. В практике и в литературе такой тип тепловых двигателей называли дизельными двигателями, в честь автора его первичной разработки.

Теоретический цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении представлен на рисунке 26 и включает:

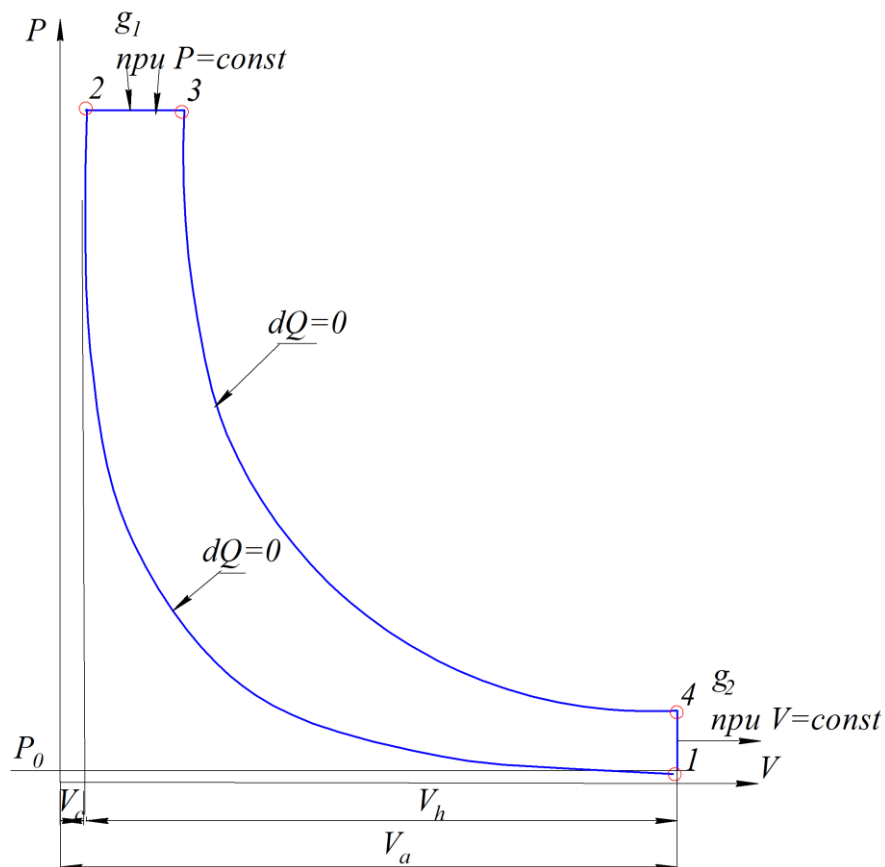


Рисунок 26 – Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении

1-2 – процесс адиабатного сжатия чистого воздуха при повышенных значениях степени сжатия и достижения высоких значений давления и температуры, линия 1-2;

2-3 – участок предварительного расширения и постепенного подвода теплоты, с сохранением значения давления предельным и постоянным, линия 2-3;

3-4 – участок последующего расширения, линия 3-4;

4-1 – процесс 4-1, является завершающим изохорным процессом в рабочем цикле, сопровождается отводом теплоты q_2 при постоянном объеме. При положении поршня в НМТ, рабочее тело приходит к первоначальному состоянию с параметрами P_1, V_1, T_1 и цикл повторяется.

Для определения термического к.п.д. цикла с подводом теплоты при сохранении постоянным предельного давления, используется такая же общая зависимость для оценки эффективности использования тепловой энергии любого термодинамического цикла.

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}.$$

Для рассматриваемого цикла

$$q_1 = c_p \cdot (T_3 - T_2) ,$$

$$q_2 = c_v \cdot (T_4 - T_1).$$

Тогда к.п.д. цикла запишем как

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v \cdot (T_4 - T_1)}{c_p \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} .$$

Зависимости для определения температурного состояния рабочего заряда в характерных точках получим, рассматривая входящие в состав цикла термодинамические процессы.

Температура в точке два – в конце адиабатного сжатия определится из выражения

$$T_2 = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} .$$

Температура в точке три - T_3 определится из соотношения параметров изобарного процесса предварительного расширения $\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2}$.

Отношение $\frac{V_3}{V_2}$ обозначим через ρ_{np} - степень предварительного расширения и получим

$$T_3 = T_2 \cdot \rho_{np} = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \rho_{np} .$$

Значение температурного состояния рабочего тела в точке четыре - T_4 определяем из соотношения параметров адиабатного процесса последующего расширения

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} .$$

Отношение $\left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^{k-1}$ или $\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_3}{V_1}$, разделим числитель и знаменатель последнего выражения на V_2 , получим

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_3/V_2}{V_1/V_2} = \frac{\rho_{np}}{\varepsilon}.$$

Тогда

$$T_4 = T_3 \cdot \left(\frac{\rho_{np}}{\varepsilon} \right)^{k-1} = T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \rho_{np} \cdot \frac{\rho_{np}^{k-1}}{\varepsilon^{k-1}} = T_1 \cdot \rho_{np}^k$$

Подставим полученные значения в выражения для определения термического к.п.д. цикла с подводом теплоты при постоянном давлении

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{k} \cdot \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} = 1 - \frac{T_1 \cdot \rho_{np}^k - 1}{k \cdot (T_1 \cdot \varepsilon^{k-1} \cdot \rho_{np} - T_1 \cdot \varepsilon^{k-1})}$$

Или к.п.д. такого цикла определяется зависимостью

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho_{np}^k - 1}{k \cdot (\rho_{np} - 1)}.$$

Представленное выражение показывает, что КПД рассматриваемого цикла зависит от принятого допускаемого значения степени сжатия, значения показателя адиабаты k и длительности участка предварительного расширения, который определяет количество подведенной теплоты и степень загрузки двигателя.

Отметим, что с повышением степени загрузки двигателя или при увеличении количества и длительности подвода теплоты, подводимой на участке предварительного расширения, КПД цикла уменьшается.