

УДК 621.431

АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВС С РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА В ЦИКЛЕ

Шестакова Д. А., Довгялло А. И.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва, г. Самара

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – одно из главных устройств в конструкции автомобиля, служащее для преобразования энергии топлива в механическую энергию, которая, в свою очередь, выполняет полезную работу. Отделение процесса сгорания, усовершенствование конструкций двигателя и его деталей, применение новых материалов, снижение веса отдельных частей [1] – все это позволяет повысить КПД иногда всего на несколько процентов, и на столько же улучшить экономичность. Однако базовый цикл остаётся прежним – цикл Отто.

Для значительного повышения КПД необходимо вернуть тепло выхлопных газов в рабочий процесс, то есть осуществить внутреннюю регенерацию тепла в цикле.

Суть способа работы предложенного двигателя ДВС-Р, обеспечивающего повышение КПД характеризуется тем, что воздух сжимается в компрессорном цилиндре, перепускается через теплообменник, где осуществляется регенерация тепла от продуктов сгорания, в рабочий цилиндр, в котором осуществляется впрыск топлива, его сгорание с совершением работы расширения. Новым для осуществления термодинамического цикла и обеспечения работоспособности двигателя является наличие системы контроля и поддержания давления в воздушном контуре теплообменника.

Рассмотрим термодинамический цикл ДВС-Р 1-2*-2**~3*-4*-1 (рис. 1). Цикл образован следующими процессами: (1-2*) – адиабатное сжатие воздуха в компрессорном цилиндре; (2*-2**) – изобарный подвод тепла к воздуху в теплообменнике; (2**-3*) – изохорный подвод теплоты при сгорании топлива (до достижения T_{max}); (3*-4*) – адиабатное расширение продуктов сгорания; (4*-1) – вытеснение продуктов сгорания в теплообменник (отвод тепла от продуктов сгорания в условном изохорном процессе).

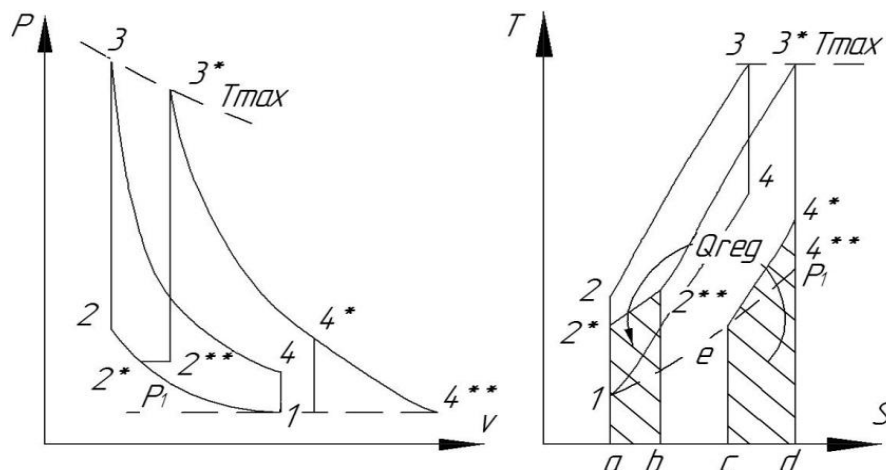


Рис. 1. Цикл ДВС с внутренней регенерацией тепла

Для предлагаемого цикла справедливы следующие соотношения:

- степень сжатия ε_c в компрессорном цилиндре $\varepsilon_c = \frac{v_1}{v_{2^*}}$; (1)

- степень расширения ε_p в рабочем цилиндре $\varepsilon_p = \frac{V_{4^*}}{V_{3^*}}$; (2)

- степень регенерации $\sigma = \frac{q_{p2^*-2^{**}}^{номр}}{q_{v4^*-2^*}^{расп}} = \frac{c_{pв} (T_{2^{**}} - T_{2^*})}{c_{vг} (T_{4^*} - T_{2^*})}$, (3)

где $q_{p2^*-2^{**}}^{номр}$ и $q_{v4^*-2^*}^{расп}$, соответственно, потребное и распределяемое количество теплоты регенерации. Здесь следует отметить, что потребное $q_{p2^*-2^{**}}^{номр}$ объективно является теплом изобарного процесса, а располагаемое $q_{v4^*-2^*}^{расп}$ – это тепло условного изохорного процесса (в действительности процесса опорожнения цилиндра с переменной массой рабочего тела); $c_{pв}$ – средняя изобарная мольная теплоемкость воздуха в рассматриваемом интервале температур процесса (1-2*), $c_{vг}$ – средняя изохорная мольная теплоемкость продуктов сгорания в соответствующем интервале температур в процессах (2** - 3*) и (4* - 1).

Термический коэффициент полезного действия теоретического цикла предлагаемого двигателя выразится следующей формулой [2]:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_{3^*} \cdot \varepsilon_p^{1-n_p} (1 - \sigma) - T_1 (1 - \sigma \cdot \varepsilon_c^{n_c-1})}{T_{3^*} \cdot \left(1 - \frac{\sigma \cdot c_{vг}}{c_{pв}} \varepsilon_p^{1-n_p} \right) + T_1 \cdot \varepsilon_c^{n_c-1} \cdot \left(\frac{\sigma \cdot c_{vг}}{c_{pв}} - 1 \right)} \quad (4)$$

Сравним термические КПД циклов ДВС-Р и идеального цикла Отто (рис. 2).

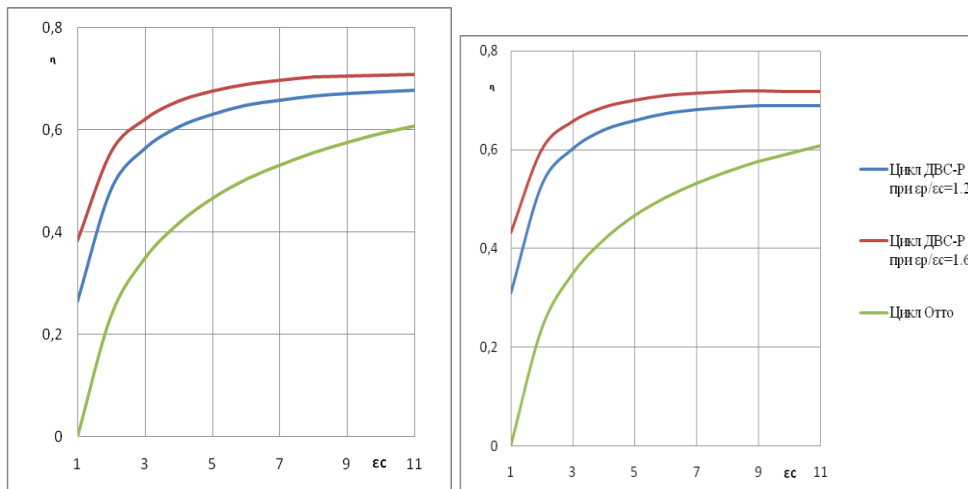


Рис. 2. Зависимость термического КПД циклов от степени сжатия и расширения при различных значениях степени регенерации: а) $\sigma=0,6$ б) $\sigma=0,7$

Таким образом, КПД предлагаемого цикла, как следует из графика, выше, что является доказательством более высокой эффективности двигателя. Создание такого двигателя позволяет значительно повысить экономичность ДВС

Библиографический список

1. Реферативный журнал "Двигатели внутреннего сгорания", 1976 - 2016 годы.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин Е.А. Техническая термодинамика. - Второе издание. - М. Издательство Наука, 1979. - 502 с.