

УДК 621.1.016:629.5.03

Н.М. Стоянов, доцент, канд. техн. наук,**А.Н. Чубун, студент***Первый украинский морской институт**ул. Рыбаков 5, г. Севастополь, 99014**E-mail: sea@umi.com.ua***ЗАВИСИМОСТЬ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД ДИЗЕЛЯ СО СГОРАНИЕМ ПРИ ПОСТОЯННОМ ОБЪЕМЕ ОТ СТЕПЕНИ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЦИКЛЕ**

Выполнен теоретический анализ влияния степени повышения давления в двигателе внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объеме на термический КПД цикла.

Ключевые слова: термический КПД, цикл дизеля, сгорание топлива, постоянный объем, степень повышения давления, рост КПД.

Введение

Как известно из курса технической термодинамики, термический КПД цикла ДВС со сгоранием при $v = \text{const}$ определяется зависимостью [1]

$$\eta_t^v = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}, \quad (1)$$

где ϵ – степень сжатия рабочего тела; k – показатель степени адиабаты сжатия и расширения рабочего тела.

Зависимость (1) не учитывает степень повышения давления рабочего тела в цикле. И это справедливо, если показатель адиабат сжатия и расширения рабочего тела одинаковы или очень близкие по величине.

В двигателях внутреннего сгорания, работающих на тяжелых топливах, в процессах сжатия сжимается воздух ($k = 1,4$), а в процессах расширения выхлопные газы имеют $k < 1,4$ из-за наличия в них трехатомных и многоатомных газов [2].

Целью настоящей работы является исследование влияния различий в значениях показателей степеней адиабат сжатия и расширения рабочего тела на термический КПД, а следовательно, и на эффективный КПД двигателей внутреннего сгорания с подводом тепла к рабочему телу при постоянном объеме.

Зависимость для определения термического КПД ДВС со сгоранием при $v = \text{const}$, для указанных выше условий, без учета разности теплоемкостей рабочего тела на сторонах подвода и отвода тепла, будет иметь вид:

$$\eta_t^{v,\lambda} = 1 - \frac{\left(\lambda \frac{\epsilon^{k_1-1}}{\epsilon^{k_2-1}} - 1 \right)}{\epsilon^{k_1-1}(\lambda - 1)}, \quad (2)$$

где λ – степень повышения давления рабочего тела в цикле; k_1 и k_2 – показатели адиабат сжатия и расширения рабочего тела.

Особого внимания заслуживают предельные случаи, когда $k_2 = 1,32$ (при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$, стехиометрическое сгорание топлива) и при $k_2 = 1,37$ ($\alpha \geq 2$).

Расчеты по зависимости (2) проведены для: степени сжатия рабочего тела (воздуха) $\epsilon = 10; 12; 14; 16; 18$; степеней повышения давления рабочего тела в цикле $\lambda = 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0$.

Результаты расчетов представлены в таблицах 1 и 2, а также на рисунках 1 и 2.

Таблица 1 – Зависимость термического КПД дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$, при $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,32$ ($\alpha = 1$)

$\lambda \backslash \epsilon$	10	12	14	16	18
1,5	0,361	0,386	0,407	0,425	0,440
2,0	0,443	0,467	0,489	0,507	0,522
3,0	0,481	0,508	0,530	0,547	0,563
4,0	0,487	0,520	0,543	0,560	0,576
5,0	0,500	0,528	0,550	0,568	0,583

Таблиця 2 – Зависимость термического КПД дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$, при $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,37$ ($\alpha = 2$)

$\lambda \backslash \epsilon$	10	12	14	16	18
1,5	0,516	0,545	0,567	0,584	0,600
2,0	0,545	0,573	0,595	0,613	0,629
3,0	0,559	0,587	0,609	0,627	0,634
4,0	0,564	0,592	0,614	0,632	0,647
5,0	0,566	0,594	0,616	0,634	0,650

Как видно из приведенных таблиц, степень сжатия рабочего тела ϵ , степень повышения давления рабочего тела в цикле λ и, особенно, коэффициент избытка воздуха α весьма существенно влияют на величину термического КПД цикла дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$.

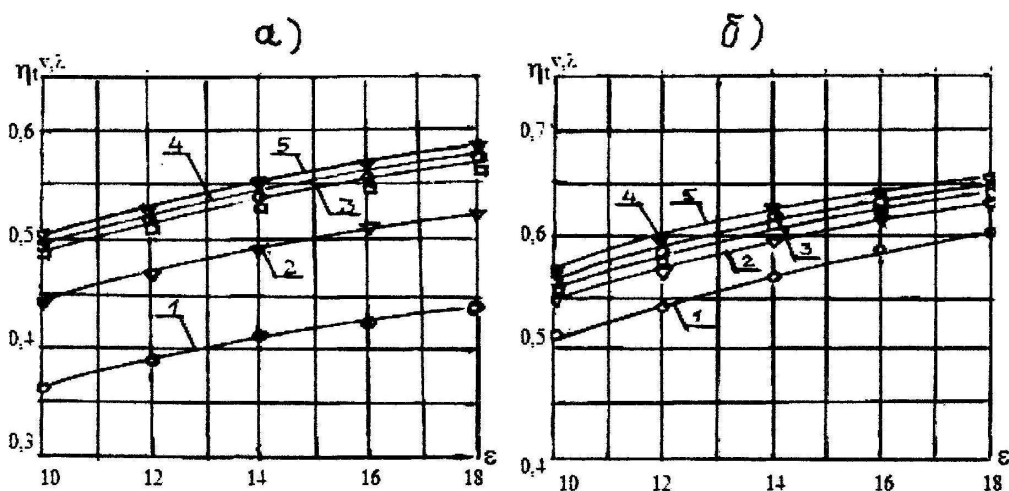


Рисунок 1 – Зависимость термического КПД дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ от степени сжатия ϵ и степени повышения давления рабочего тела λ при: а) $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,32$ ($\alpha = 1$); б) $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,37$ ($\alpha = 2$).
Обозначения кривых: 1 – $\lambda = 1,5$; 2 – $\lambda = 2,0$; 3 – $\lambda = 3,0$; 4 – $\lambda = 4,0$; 5 – $\lambda = 5,0$.

Как видно из рисунков 1, а и 1, б, с увеличением степени сжатия ϵ и степени повышения давления λ в цикле дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ термический КПД цикла устойчиво возрастает.

С увеличением коэффициента избытка воздуха от $\alpha = 1$ (рисунок 1, а) до $\alpha = 2$ (рисунок 1, б) значения величин термических КПД цикла значительно возрастают, а сами кривые, указанные на рисунках, заметно сближаются.

Представляет особый интерес рассмотреть влияние степени повышения давления и коэффициента избытка воздуха на термический КПД цикла дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$, для широко используемой в современном дизелестроении степени сжатия рабочего тела $\epsilon = 16$ [2].

Указанные зависимости изображены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, на величину термического КПД цикла дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ сильно влияет коэффициент избытка воздуха (через показатель адиабаты расширения рабочего тела). При степени повышения давления в цикле $\lambda = 1,5$, степени сжатия $\epsilon = 16$ сгорание топлива в цилиндре с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 2,0$ ($k_2 = 1,37$) обеспечивает повышение термического КПД на 15,9 % по сравнению с $\alpha = 1,0$ ($k_2 = 1,32$, стехиометрическое сгорание). При $\lambda = 4$ повышение термического КПД цикла за счет увеличения коэффициента избытка воздуха от 1,0 до 2,0 составит 7,2 %. Из рисунка 2 следует также, что при степени сжатия $\epsilon = 16$ наибольший прирост термического КПД цикла дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ наблюдается при увеличении степени повышения давления в цикле от 1,5 до 3,0. Дальнейшее увеличение степени повышения давления дает малый прирост термического КПД двигателя.

Проведенный анализ указывает на возможность увеличения термического КПД цикла дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ до 63-65 % за счет увеличения коэффициента избытка воздуха до $\alpha = 2$.

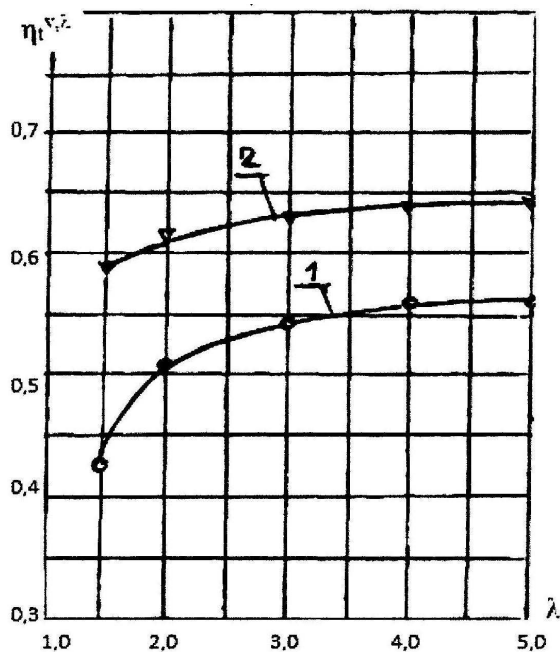


Рисунок 2 – Зависимость термического КПД дизеля со сгоранием при $v = \text{const}$ от степени повышения давления λ для степени сжатия $\epsilon = 16$ (кривая 1 – $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,32$, кривая 2 – $k_1 = 1,4$ и $k_2 = 1,37$).

Кроме указанного, повышение коэффициента избытка воздуха увеличивает количество рабочего тела в цикле, увеличивает мощность двигателя, снижает температуру рабочего тела в цилиндрах двигателя, снижает количество окислов азота в выхлопных газах [3].

Дальнейшие исследования по материалам настоящей статьи предполагают сравнение полученных теоретических с эксплуатационными данными и выработку на этой основе рекомендаций для оптимального проектирования и эксплуатации судовых дизельных двигателей со сгоранием при постоянном объеме.

Библиографический список использованной литературы

1. Ястржембский А.С. Техническая термодинамика / А.С. Ястржембский. — М.: ГЭИ, 1960. — 495 с.
2. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю.А. Пахомов. — М.: Транслит, 2007. — 528 с.
3. Матвеев В.Т. Удельные выбросы окислов азота от когенерационных газотурбинных установок / В.Т. Матвеев, Н.М. Стоянов, А.А. Благодаров // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2008. — Вып. 87. — С. 46–49.

Поступила в редакцию 18.03.2013 г.

Стоянов М.М., Чубун Q.M. Залежність термічного ККД дизеля зі згоранням при постійному об'ємі від ступеню підвищення тиску в циклі

Виконано теоретичний аналіз впливу ступеню підвищення тиску в двигуні внутрішнього згорання з підведенням тепла при постійному об'ємі на термічний ККД циклу.

Ключові слова: термічний ККД, цикл дизеля, згорання палива, постійний об'єм, ступінь підвищення тиску, зростання ККД.

Stoyanov N.M., Chubun A.N. The dependence thermic efficiency diesel engine with combustion by constant volume from degree raise pressure in thermic cycle

It was theoretical research to the influence degree of the raise pressure in the internal combustion diesel engine with the lead of the heat by $v = \text{const}$ on the thermal coefficient useful effect of the cycle.

Keywords: thermal efficiency, diesel cycle, fuel combustion constant volume, extent of increase of pressure, efficiency growth.