

Основы теории тракторных и автомобильных двигателей

Лекция №5: История развития учений о двс. ***Основные понятия и определения***

2. История развития и классификация автотракторных двс

Практическое применение двс:

1862 г – Н. Отто – двс с предварительным сжатием смеси.

1885 г – Г. Даймлер – бензиновый двс для мотоцикла.

1885 г – И.С. Костович – бензиновый двигатель для воздухоплавательного аппарата.

1886 г – К. Бенц – бензиновый двигатель для экипажа.

1892 г – Р. Дизель – компрессорный дизель.

1901 г – Г.В. Тринклер – бескомпрессорный дизель.

До середины 20 века – повышение литровой мощности.

70...80 г.г. 20 века – повышение экономичности.

С 90 г.г. 20 века – снижение токсичности двс.

1906 г – В.И. Гриневецкий (МВТУ) разработал метод теплового расчета двс-основу теории двигателей. В развитие теории внесли большой вклад **Н.Р. Брилинг, Е.А. Чудаков, Е.К. Мазинг, В.А. Петров, Б.С. Стечкин, А.С. Орлин, М.С. Ховах, В.Н. Луканин** и др. **В.Н. Болтинский, А.В. Николаенко** и др. – основоположники теории и анализа режимов работы тракторных двигателей

Типы двигателей

**С переменным
рабочим
объемом**



**С переменной
степенью
сжатия**

**Автомобильные
и тракторные
двигатели**

поршневые

**роторно-
поршневые**

роторные

паровые

газотурбинные

электрические

солнечные

реактивные

Классификация двигателей по способам смесеобразования



3. Действительный рабочий цикл и его диаграмма

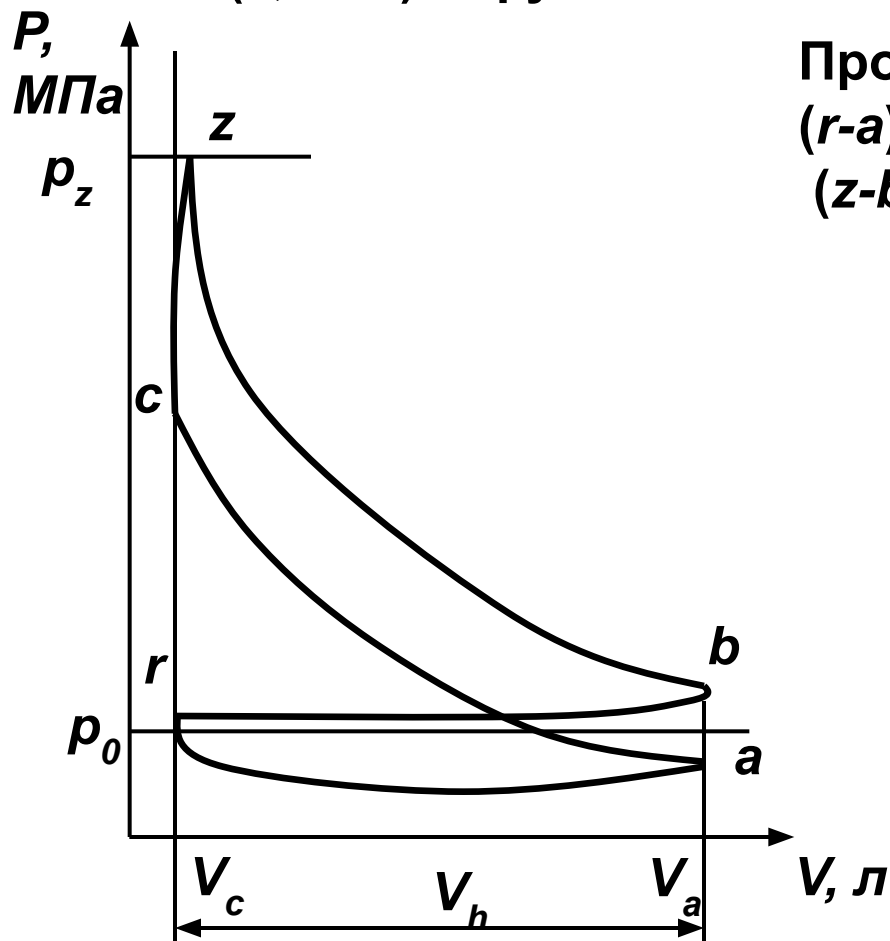
- Современный поршневой двигатель внутреннего сгорания (двс), как наиболее распространенный тип автотракторных двигателей, осуществляет последовательное преобразование тепловой энергии сгорающего топлива в механическую работу благодаря четкому взаимодействию трех механизмов и пяти систем:

Механизмы:	Системы
- Кривошипно-шатунный (КШМ), - Газораспределительный (ГРМ), - Механизм регулирования (МР).	- питания, - смазочная, - охлаждения, - зажигания, - пуска двигателя.

Действительным рабочим циклом двс называется комплекс периодически повторяющихся термодинамических процессов (впуск свежего заряда, сжатие, сгорание, расширение и выпуск отработавших газов), осуществляемых за один оборот коленвала или два хода поршня в 2^x тактных двс и за два оборота коленвала или четыре хода поршня в 4^x тактных двс

Индикаторная диаграмма (И.Д.) 4^х бензинового двс (Цикл Отто, подвод тепла при V=const)

И.Д. – характеризует изменение давления газов в цилиндре двигателя (Р, МПа) в функции надпоршневого пространства V, л.



Процессы:

(r-a)- впуск, (a-c) – сжатие, (c-z) – сгорание
(z-b) – расширение, (b-r) – выпуск

V_c - объем камеры сгорания;

V_a - полный объем цилиндра;

V_h - рабочий объем цилиндра;

D - диаметр цилиндра;

S - ход поршня;

ε – степень сжатия;

λ – степень повышения давления.

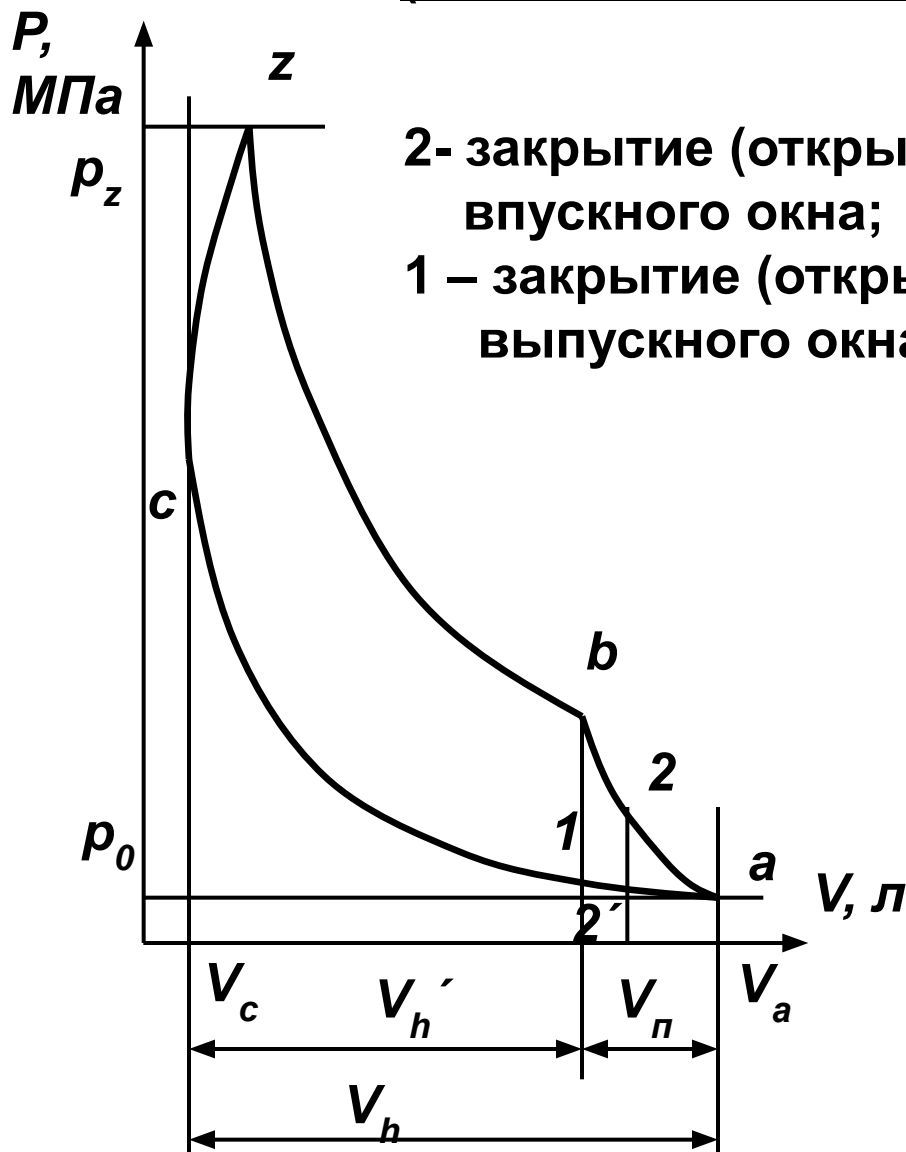
$$V_a = V_h + V_c, \quad (1-1)$$

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S, \quad (1-2)$$

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}, \quad (1-3)$$

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}, \quad (1-4)$$

И.Д. 2^х бензинового двс с кривошипно-камерной продувкой
(Цикл Отто, подвод тепла при $V=const$)



2- закрытие (открытие)
 впускного окна;
 1 – закрытие (открытие)
 выпускного окна.

Процессы: (2-а) – впуск,
 (1-с) - сжатие,
 (с-з) – сгорание,
 (z-b) –
 расширение,

(b-a-1) – выпуск,
 V_{π} – потерянный объем цилиндра,
 в котором не совершается
 полезная работа

$$\frac{V_{\pi}}{V_h} = \psi = 0,1 \dots 0,38, \quad (1 - 5)$$

$V_{h'}$ - действительный рабочий
 объем

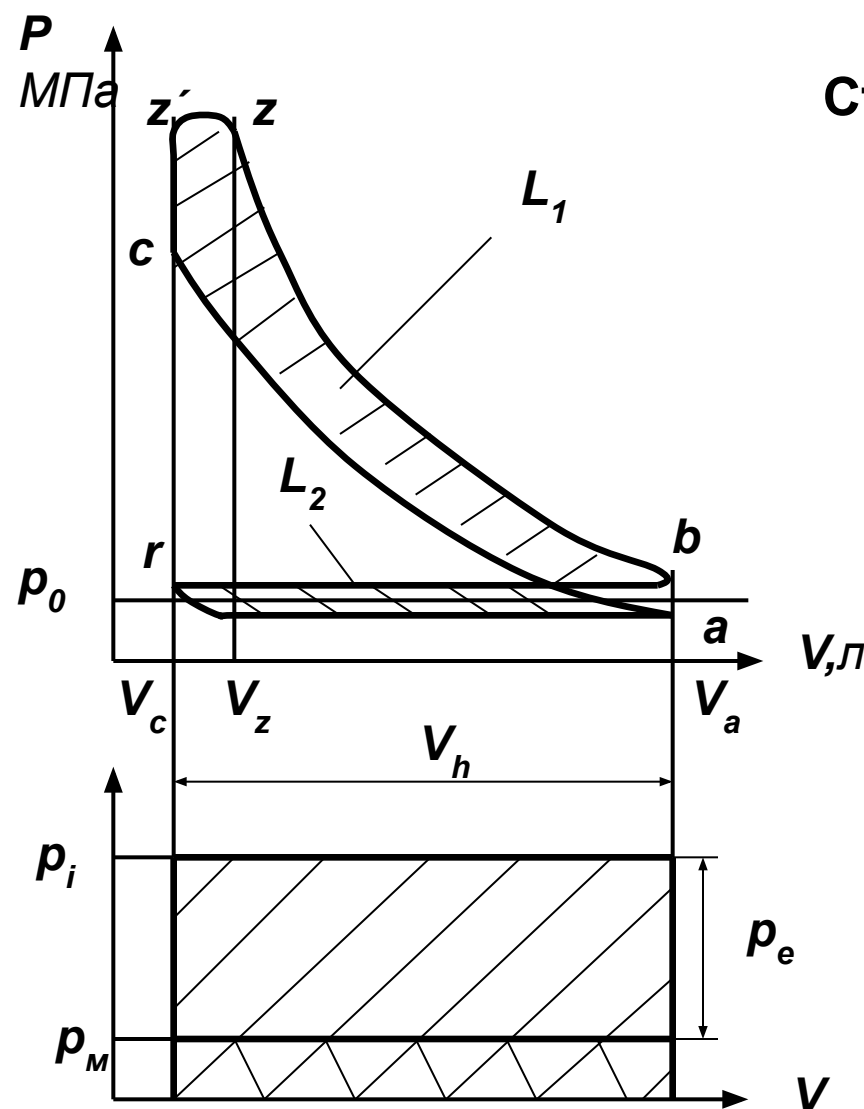
$$V_{h'} = V_h - V_{\pi}, \quad (1 - 6)$$

ε' - действительная степень сжатия

$$\varepsilon' = \frac{V_c + V_{h'}}{V_c} = 1 + \frac{V_{h'}}{V_c}, \quad (1 - 7)$$

[1-8]

И.Д. 4^х дизеля (цикл Сабатэ-Тринклера, смешанный подвод тепла при $V=\text{const}$ ($c-z'$) и $p=\text{const}$ ($z'-z$)).



Индикаторная работа цикла

V_z – объем в конце сгорания

Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{V_z}{V_c}, \quad (1-8)$$

Степень последующего расширения

$$\delta = \frac{V_b}{V_z}, \quad (1-9)$$

$$\rho \cdot \delta = \frac{V_z}{V_c} \cdot \frac{V_b}{V_z} = \frac{V_b}{V_c} = \frac{V_a}{V_c} = \varepsilon \quad (1-10)$$

Средние давления цикла:

p_i – индикаторное,
 p_m – механических потерь,
 p_e – эффективное.

$$p_e = p_i - p_m \quad (1-11)$$

L_1 – полезная работа цикла.

L_2 – затраты на насосные потери.

$$L_i = L_1 - L_2 = p_i \cdot V_h. \quad (1-12)$$

4. Вывод формулы мощности и кпд двигателя.

Индикаторная работа цикла в единицу времени характеризует индикаторную мощность двигателя

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h}{t}, \quad (1 - 13)$$

где t – продолжительность цикла, с;

n – частота вращения коленвала, мин⁻¹;

τ – тактность двигателя (2 или 4).

$$t = \frac{60\tau}{n \cdot 2} = \frac{30\tau}{n}$$

Для многоцилиндрового двигателя

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{ кВт} \quad (1 - 14)$$

где i – число цилиндров; $[p_e] = [\text{МПа}]$, $[V] = [\text{л}]$, $[n] = [\text{мин}^{-1}]$.

Мощность механических потерь

$$N_m = \frac{p_m \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{ кВт} \quad (1 - 15)$$

Эффективная мощность двигателя

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_h \cdot n \cdot i}{30\tau}, \text{ кВт} \quad (1 - 16)$$

Количество теплоты, эквивалентное индикаторной работе, характеризуется индикаторным кпд двигателя

$$\eta_i = \frac{L_i \cdot A}{Q_H \cdot G_T}, \quad (1 - 17)$$

где A – тепловой эквивалент работы;

Q_H – низшая теплотворная способность топлива;

G_T — часовой расход топлива двигателем;

и определяет практическую реализацию теоретического цикла в реальном двигателе

$$\eta_i = \eta_t \cdot \eta_o, \quad (1 - 18)$$

где η_t – термический кпд цикла;

η_o – относительный кпд.

Механический кпд

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_i} = \frac{p_e}{p_i}. \quad (1 - 19)$$

Количество теплоты, эквивалентное эффективной работе, характеризуется эффективным кпд двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_M = \eta_t \cdot \eta_o \cdot \eta_M. \quad (1 - 20)$$

Показатели	Двигатели		
	с искровым зажиганием	дизели без наддува	дизели с наддувом
P_i , МПа	0,6...1,4	0,6...1,6	0,9...2,2
P_m , МПа	0,1...0,3	0,05...0,5	0,1...0,5
P_e , МПа	0,5...1,1	0,55...1,15	0,7...1,75
η_i	0,26...0,35	0,38...0,45	0,40...0,50
η_m	0,70...0,90	0,70...0,82	0,80...0,90
η_e	0,21...0,31	0,28...0,39	0,34...0,42

Методы повышения эффективности цикла:

- увеличение η_i рациональным выбором параметров цикла (ε , λ , ρ , δ и т.д.);
- повышение η_e путем максимального приближения действительного цикла к теоретическому;
- увеличение η_m совершенствованием конструкции двигателя, точности изготовления деталей, улучшением режима смазывания и т.п.