

«Силовые агрегаты и двигатели»

Препо. Штайн Геннадий Вольфович

курсовая работа, экзамен

Целевая установка на курс:

**Оценка конструктивных
и эксплуатационных свойств
энергетических установок
ТТМ и О**

ЛИТЕРАТУРА

(основная)

1. Двигатели внутреннего сгорания.

Под редакцией В.Н. Луканина в 3 кн. М. 2007.

370 с, 320 с, 247 с.

2. Колчин А.И. Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М. 2003. 445 с.

3. Штайн Г.В. Расчет теплового двигателя.

Учебное пособие. ТюмГНГУ. Эл. вар. 2014. 97 с.

«Силовой агрегат»-
комплекс механизмов и систем
***теплового двигателя* а также**
дополнительных агрегатов и
навесного оборудования

Силовой агрегат – (энергоустановка):

- **автомобильный**
двигатель+сцепление+коробка передач -
силовой агрегат– автомобиль;
- **двигатель внутреннего сгорания (ДВС) –**
- **транспортно-технологическая машина.**
- **ДВС+Генератор – бензо-генераторная или
дизель-генераторная установка.**
- **Гибридная ЭУ – ДВС+Генератор+А.Б.**

Автомобильный поршневой двигатель

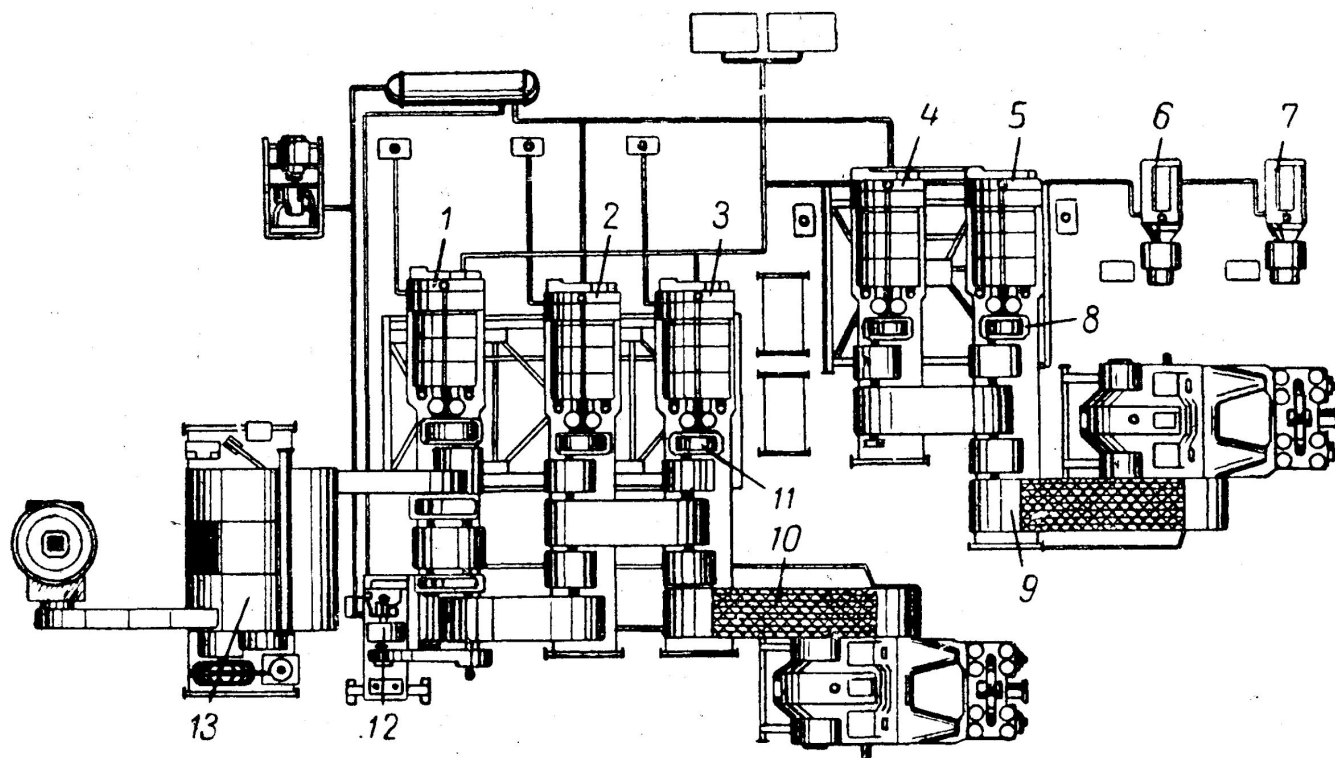


Автомобильный роторный двигатель



Автомобильный силовой агрегат





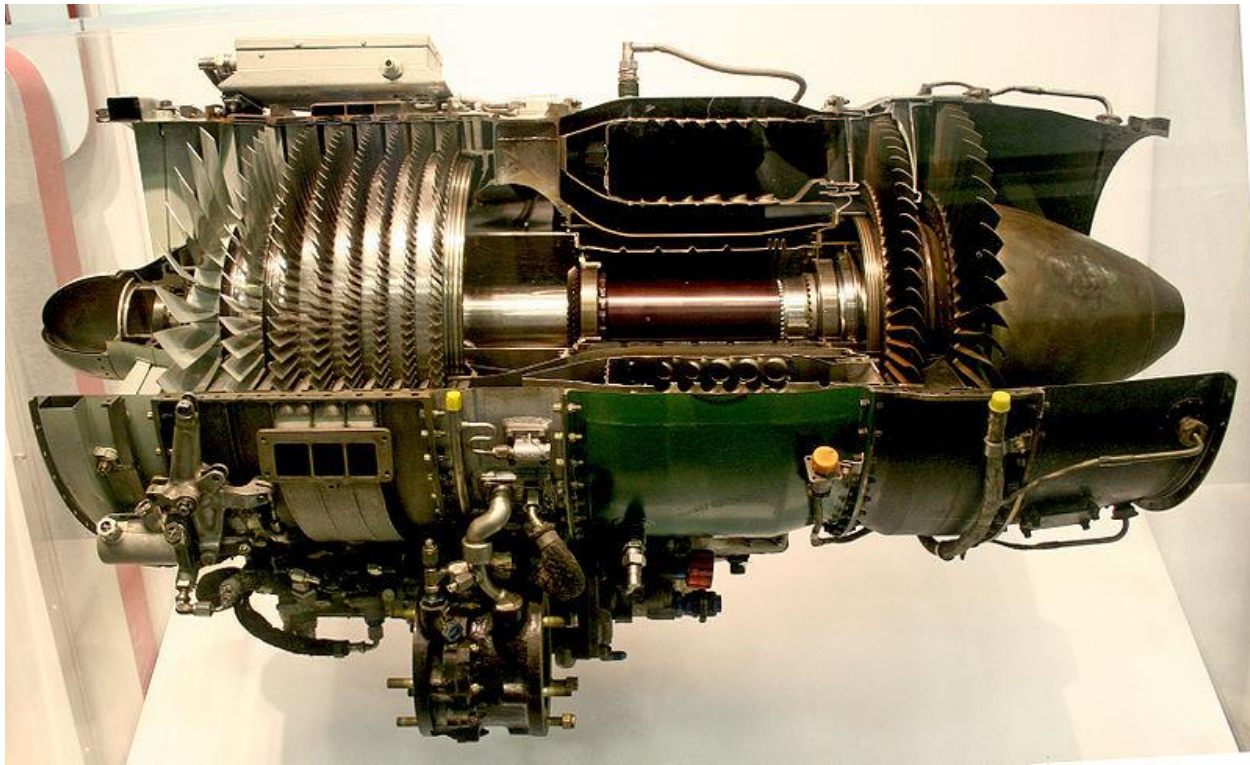
Энергоустановка Урал Маш 5Д:

1,2,3,4,5 – дизели В-2; 6,7 – дизель-генераторные установки; 9,10,11 – агрегаты трансмиссии; 12 – компрессор; 13 – лебедка.

ДВС транспортно-технологической машины



Газотурбинный двигатель



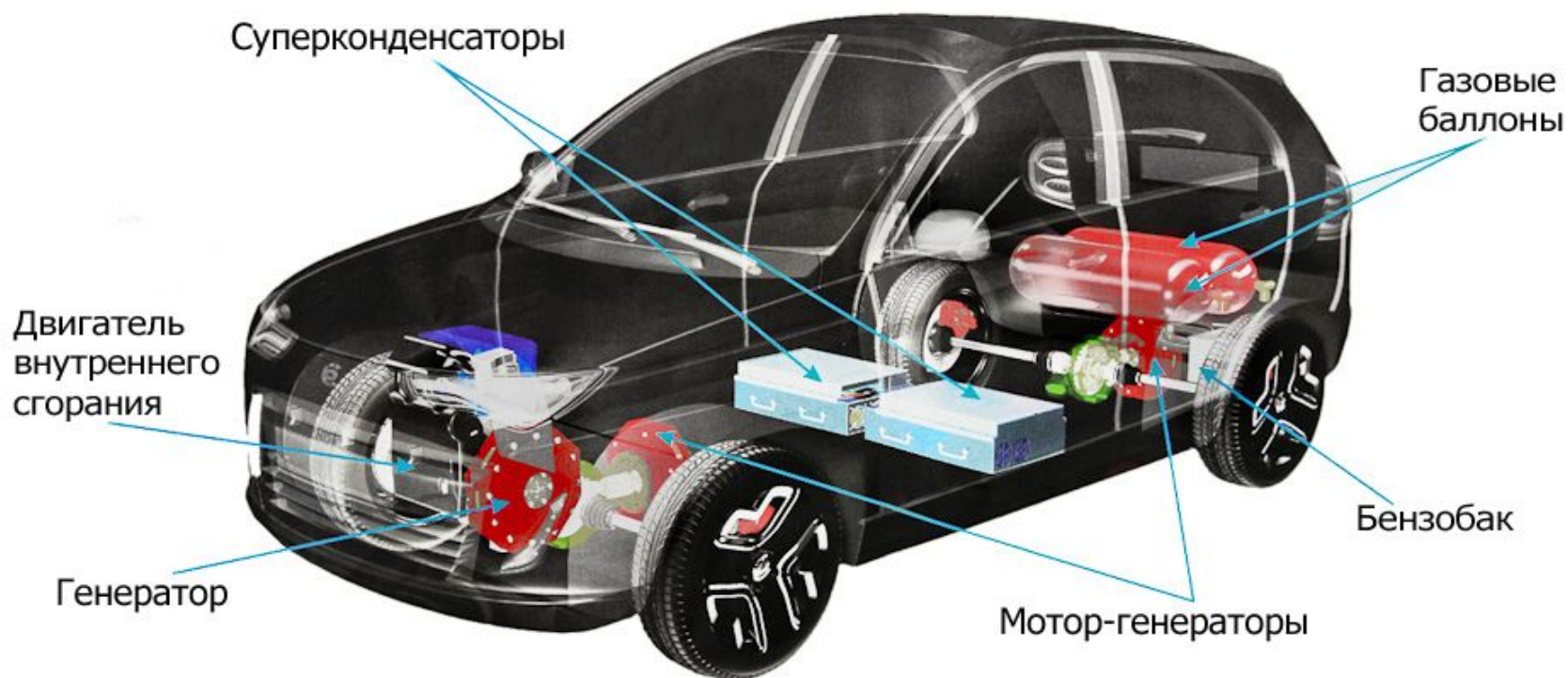
Газотурбинный силовой агрегат



Дизель-генераторная установка



Автомобиль с гибридной энергоустановкой



ТЕСТ (отношение к данной дисциплине)

- 1. Я думаю, что все учебные дисциплины важны для будущей профессии- главное их «сдать», «закрыть».**
- 2. Я думаю, что данная дисциплина представляет лично для меня интерес.**
- 3. Мне все равно, особого интереса к этой дисциплине не испытываю, какнибудь сдам.**

Техническая характеристика двигателя.....

№п/ п	Показатель	Обозначение	Численное значение
1	Номинальная мощность	P_e , кВт	
2	Номинальная частота вращения	n , мин ⁻¹	
3	Максимальный вращающий момент при частоте вращения	T_e , Нм n , мин ⁻¹	
4	Тип двигателя	Д.И.З.(Дизель)	
5	Компоновка двигателя	P (V)	
6	Число цилиндров	i	
7	Размерность двигателя	S/D	
8	Диаметр цилиндра	D, мм	
9	Ход поршня	S, мм	
10	Тип камеры сгорания		
11	Число одноименных клапанов и их привод		
11	Тип охлаждения двигателя	Жидкостное (воздушное)	
12	Наличие наддува		
13	Степень сжатия двигателя	ε	
14	Литраж двигателя	V_d , л	

ЧТО ГЛАВНОЕ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА?

- 1. СПЕРВА-ТЕОРИЯ ВОПРОСА, ЗАТЕМ-
ПРАКТИКА**
- 2. СПЕРВА- ПРАКТИКА, ЗАТЕМ-ТЕОРИЯ.**

*« Теория - полководец,
практика - солдат, друг без друга
они существовать не могут»*

Г. Галилей

*«Те, кто увлекается практикой,
не имея знаний, подобны морякам,
вступающим на корабль без руля и
компаса и никогда не знающим твердо,
куда они плывут.»*

Леонардо да Винчи

*«Нет ничего более практичного,
чем хорошая теория».*

*Академик Б.С. Стечкин
«моторист №1» Советского Союза*

Структура курса



Аттестация на 6 семестр

(экзамен, курсовая работа, лаб. раб.+ практ. зан.)

- 1. Техническое задание на проектирование двигателя;*
- расчет и математическое моделирование рабочих процессов проектируемого двигателя.*
- 2. Кинематический и динамический расчеты проектируемого двигателя.*
- 3. Компоновка двигателя (сборочный чертеж).*

Рейтинговая система аттестации студентов по дисциплине:

бсеместр

Контр. точка	Лекции	Лаб. раб.	Курс. работа	НИР	Тестир.	Всего баллов
1. Атт.	$K_{л} * 5$ $K_{л} * (3_{конс} + 2_{акт-вопр.})$	$K_{л.р} * 10$ $K_{л.р} *$ (3своевр. вып+2 _{отч})	$K_{ср} * 25$ Своевр	$K_{нир} * 5$	$K_{тест} * 10$	25+ 25
2.Атт.	$K_{л} * 5$ $K_{л} * (3_{конс} + 2_{акт-вопр.})$	$K_{л.р} * 10$ $K_{л.р} *$ (3своевр. вып+2 _{отч})	$K_{ср} * 25$ Своевр	$K_{нир} * 5$	$K_{тест} * 10$	25+ 25
3.Атт.	$K_{л} * 5$ $K_{л} * (3_{конс} + 2_{акт.вопр.})$	$K_{л.р} * 10$ $K_{л.р} *$ (3своевр. вып.+2 _{отч})	$K_{ср} * 50$ Своевр.	$K_{нир} * 5$ Высткон ф.	$K_{тест} * 20$ Своевр. сдача КР*10	50+ 50

Коэффициенты весомости контрольных точек

- $K_{л} = 0 \dots 1,0;$

- $K_{л.р} = 0,5 \dots 1,0;$

- $K_{к.р} = 0,5 \dots 1,0;$

- $K_{нир} = 0 \dots 1,0;$

$$K_{тест} = \frac{(0+0,5+0,5) \cdot 24}{40} = 0,6$$

$$\text{Бал}_{\text{Тест}} = 0,6 \cdot 24 = 14,4$$

$$K_{тест} = \frac{(1+0,8+0,9+0) \cdot 24}{40} = 1,62$$

$$\text{Бал}_{\text{Тест}} = 1,62 \cdot 24 = 38$$

$$K_{тест} = \frac{\Sigma K_{\text{факт}} \cdot \Sigma \text{Бал}_{\text{тест.факт}}}{\Sigma \text{Бал}_{\text{тест max}}}$$

Тематика НИР

- *1. Регулирование фаз газораспределения.*
- *2. Регулирование наддува.*
- *3. Регулирование степени сжатия.*
- *4. Бездрессельное управление Д.И.З.*
- *5. Высокотемпературное охлаждение двигателя.*
- *6. Формирование эксплуатационных характеристик.*
- *7. Управление процессом сгорания.*
- *8. Особенности работы двигателей на биотопливе.*
- *9. Рециркуляция газов.*
- *10. Использование водотопливных эмульсий.*
- *11. Отключение цилиндров.*
- *12. Пределы форсирования двигателя марки... по мощности*
- *13. Регулирование частоты вращения ДГУ.*
- *14. Особенности зимней эксплуатации современных ТТМ с системой «Common Rail».*
- *15. Гибридные энергоустановки, особенности их эксплуатации.*
- *16. Повышение КПД современных энергоустановок.*

Содержание НИР

- *1. Обзор периодической и патентной литературы за последние 5...10 лет.*
- *2. Обоснование актуальности и цели представляемой работы.*
- *(отчет)-1 атт.*
- *3. Расчеты или эксперимент*
- *(отчет) -2 атт.*
- *4. Обсуждение результатов НИР в КБ.*
- *5. Выводы.*
- *6. Список использованной литературы.*
- *(итоговый отчет) -3 атт.*

Этапы проектирования ДВС

1. Требования к ДВС

- *а - надежность (противоречие с совершенствованием конструкции),*
- *б - топливная экономичность (противоречие с экологическими показателями),*
- *в - экологические показатели - соответствие нормам «ЕВРО» (противоречие с топливной экономичностью и возможностью форсирования),*
- *г - хорошие пусковые качества (противоречие с «ε» и «D»)*



Проектирование ДВС включает этапы:

- *а- проектирование и создание нового образца,*
- *б- испытание и доводка конструкции ДВС,*
- *в- организация серийного производства.*

Техническое задание

- **1. Мощность двигателя и номинальная частота вращения.**
- **2. Тип двигателя (Д.И.З. или дизель).**
- **3. Компоновка двигателя (Р или V).**
- **4. Число цилиндров.**
- **5. Размерность - S/D (S=?;D=?.)**
- **6. Тип камеры сгорания.**
- **7. Число одноименных клапанов и их привод**

- **8. Тип охлаждения двигателя (жидкостное или воздушное).**
- **9. Наличие наддува.**
- **10. Степень сжатия двигателя.**
- **11. Литровая мощность двигателя.**
- **12. Литраж двигателя.**
- **13. Тепловая и механическая напряженности двигателя.**

- **14. Экологические показатели.**
- **15. Эффективный удельный расход**
- **топлива.**

Определение эффективной номинальной мощности автомобильного двигателя

$$P_{e.\max} = \frac{(m_a \cdot g \cdot \psi + k \cdot S V_{\max}^2) \cdot V_{\max}}{\eta_{mp} \cdot 10^3}, \text{ кВт}$$

$$\psi = 0,01 \dots 0,02$$

$$\eta_{mp} = 0,8 \dots 0,9$$

Значения показателей «K» и «S»

Тип автомобиля	K, Нс²/м⁴	S, м²
Легковой	0,2...0,3	1,5...2,0
Грузовой (ГТМ)	0,5...0,7	3,0...6,5
Автобус	0,35...0,45	3,0...7,5

**Определение эффективной
эксплуатационной мощности двигателя
ТТМ(строительно-дорожной машины)**

$$P_{e.экс.} = \frac{(m_a \cdot g \cdot \psi + F_T) \cdot V_{экс.}}{\eta_{тр} \cdot 10^3}, \text{ кВт}$$

$$V_{экс.} = ?$$

Для ориентировочной оценки можно пользоваться статистическими данными по удельной мощности Э.У.

- $P_{уд.} = P_{e.max} / m_a, \text{ кВт/кг};$

- *Легк. авт.* - $P_{уд} = (50...65) * 10^{-3},$

- *Груз. авт.* - $P_{уд} = (12...15) * 10^{-3},$

- *(ТТМ)*

- *Автобусы* - $P_{уд} = (15...17) * 10^{-3},$

Литровая мощность двигателя:

- *Д.И.З.- 50...70 кВт/л;*
- *Дизели без наддува - 15...12 кВт/л;*
- *Дизели с наддувом - 15...25 кВт/л.*
- *(в расчетах принимать максим.*
- *значения).*

Выбор типа ДВС (Д.И.З. или ДИЗЕЛЬ)

Использование дизелей:

- **Германия** - *автобусный парк-100%,
грузовой - 70%, легковой -40; Всего - 60%
парка.*
- **Япония** - *автобусный парк -90%,
грузовой -40%, легковой -15%; Всего -25%.*
- **США** - *автобусный парк -70%, грузовой
-70%, легковой -25%; Всего - 25%.*
- **Россия** - *Всего - 20%.*

Выбор числа цилиндров «*i*» зависит от литража двигателя:

Литраж определяет

D

- $V_{л} < 3л \quad \text{---} i=4.$

- $V_{л} = 3 \dots 5л \quad i=6.$

- $V_{л} > 5л \quad \text{---} i=8.$

- $V_{л} < \bar{l} \text{---} \text{---} i=4.$

- $V_{л} = \bar{7} \dots 12л \quad i=6.$

- $V_{л} > 20л \quad \text{---} i=12$

- $л = 12 \dots 20л \quad \text{---} i=8.$

Д.И.З.

Дизели

V

Основные размеры поршневого двигателя:

D- диаметр цилиндра,

S- ход поршня,

S/D- размерность двигателя,

S/D = 0,9...1,4 -Дизели,

S/D = 0,7...1,0 -Д.И.З.

$$D = 10^2 \sqrt[3]{1.275 \cdot \frac{V_h}{S \cdot D}}$$

Поршневая мощность двигателя, кВт/дм²

(тепловая напряженность)

$$P_n = P_e / (i * F_n); \quad i * F_n = i * V_h / S;$$

$$P_n = p_e * c_n / t, \quad (t - \text{тактность двигателя});$$

Д.И.З.- 20...40;

Дизели без наддува - 10...20,

Дизели с наддувом - 20...30.

(При $P_n > 20$ кВт/дм² для дизелей

требуется масляное охлаждение поршня)

Критерии напряженности двигателя

$$P_n^l = P_e / (i * D), \text{ кВт/см};$$

*Поршни автотракторных двигателей,
хорошо зарекомендовавших себя в
эксплуатации, имеют*

$$P_n^l = 1,5 \dots 3,0 \text{ кВт/см.}$$

Средняя скорость поршня, м/с

$$C_n = S * n / 30$$

$$C_n = 6 \dots 12 \text{ м/с}$$

***Обоснование оптимальной степени
сжатия***

$$\varepsilon = \frac{420}{130 - \text{О.Ч.} + 0,125D} \quad \text{Д.И.З.}$$

$$\varepsilon = \frac{D - 72}{4,2 - 0,095D} + 23 \quad \text{Дизели}$$

Обоснование ОЧ топлива для Д.И.З.

$$OЧ = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183 \cdot D$$

***Обоснование оптимального
эффективного
удельного расхода топлива***

Дизель:

$$b_e = \frac{D-72}{2,08-0,042D} + 190, \text{ г / кВт.ч}$$

Д.И.З:

$$b_e = \frac{D-72}{2,08-0,042D} + 210, \text{ г / кВт.ч}$$

Техническое задание на проектирование двигателя

№	Наименование параметра	Величина
1	Мощность номинальная/при частоте вращения, кВт/мин ⁻¹	
2	Тип двигателя	
3	Компоновка двигателя	
4	Число цилиндров	
5	Размерность: Диаметр цилиндра/ход поршня ,	
6	Тип камеры сгорания мм/мм	

7	Литровая мощность двигателя, кВт/л	
8	Литраж двигателя, л	
9	Степень сжатия	
10	Тепловая напряженность двигателя, кВт/дм ²	
11	Механическая напряженность двигателя, кВт/см	
12	Эффективный удельный расход топлива, г/кВт.ч	
13	Евростандарт-5	

Тема.

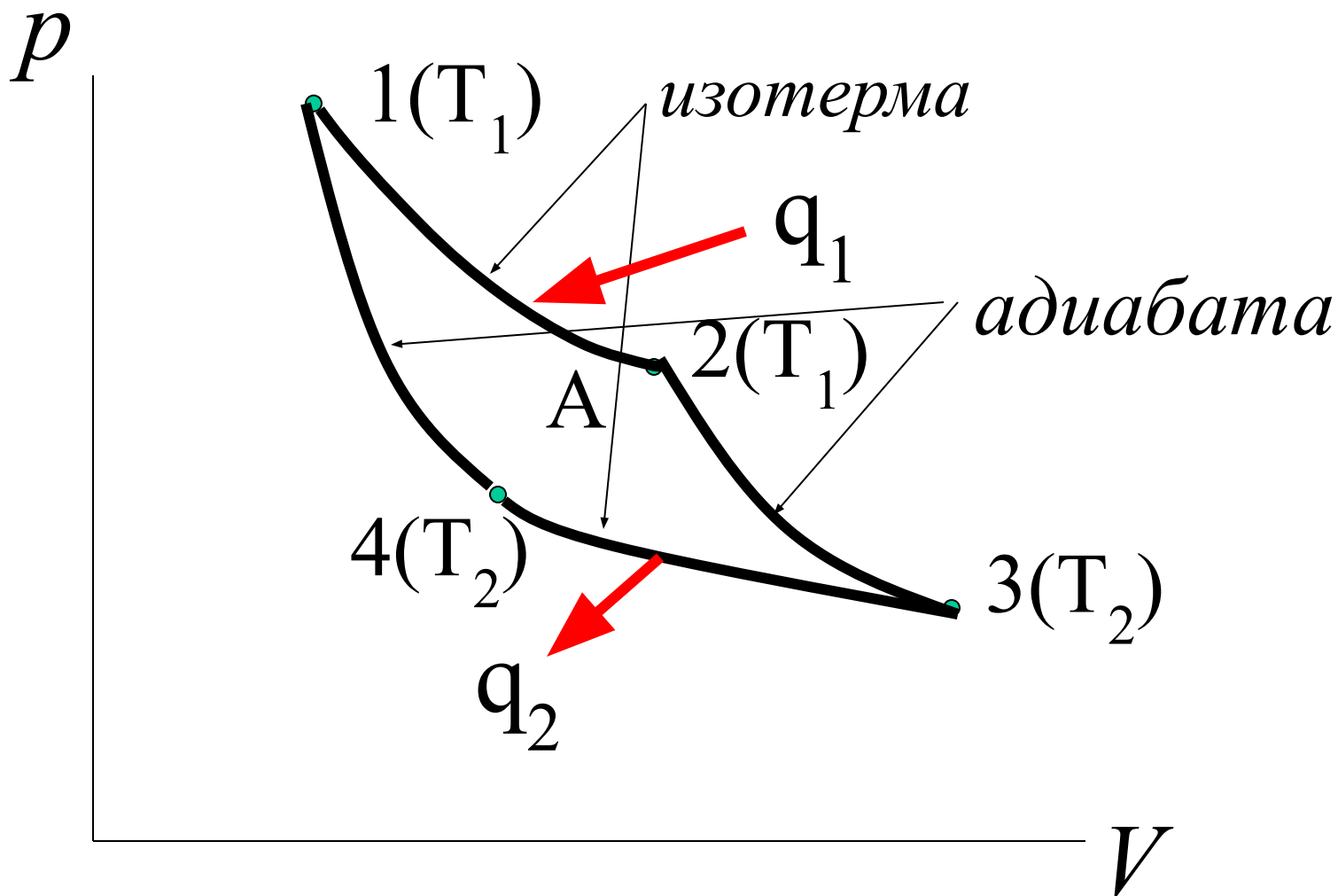
**«Топливная
экономичность ДВС»**

***Целевая установка:
анализ теоретических циклов
тепловых двигателей по топливной
экономичности.***

Основные понятия и определения

- Тепловой двигатель:
- Цикл:
- Такт:
- Рабочий объем цилиндра: V_h
- Объем камеры сгорания: V_c
- Полный объем цилиндра: V_a
- Степень сжатия: $\varepsilon = V_a / V_c$
- **К.П.Д.- теплоиспользование**

Цикл Карно (1824г.)





С. Карно (1796-1832)

Термический КПД (η_t)

$$\eta_t = \frac{A}{q} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Теоретические циклы

допущения:

- **1. Рабочее тело не сменяемо (процессы происходят в замкнутом цикле).**
- **2. Нет теплообмена с окружающей средой (стенки цилиндра теплонепроницаемы).**
- **3. Процесс сгорания заменяется подводом теплоты по определенному термодинамическому процессу**

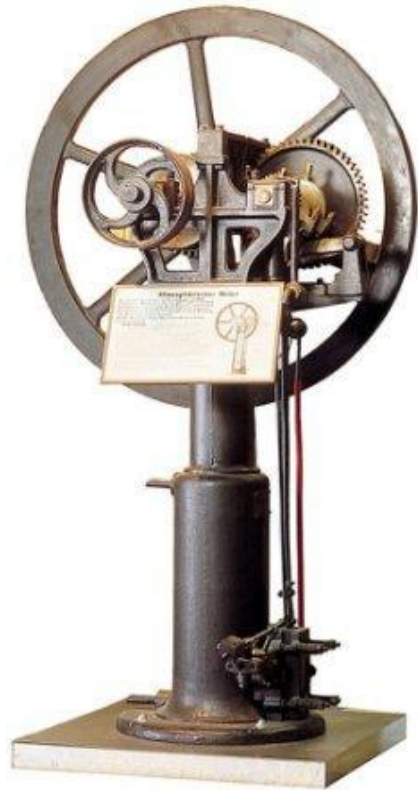
Теоретические циклы

- **1. Цикл Н. Отто (ДВС с И.З.).**
- **2. Цикл Г. Тринклера (ДВС с самовоспламенением от сжатия).**
- **3. Цикл Р.Дизеля (ГТД. Дизели. Компрессоры).**



Николаус Отто (1832-1891)

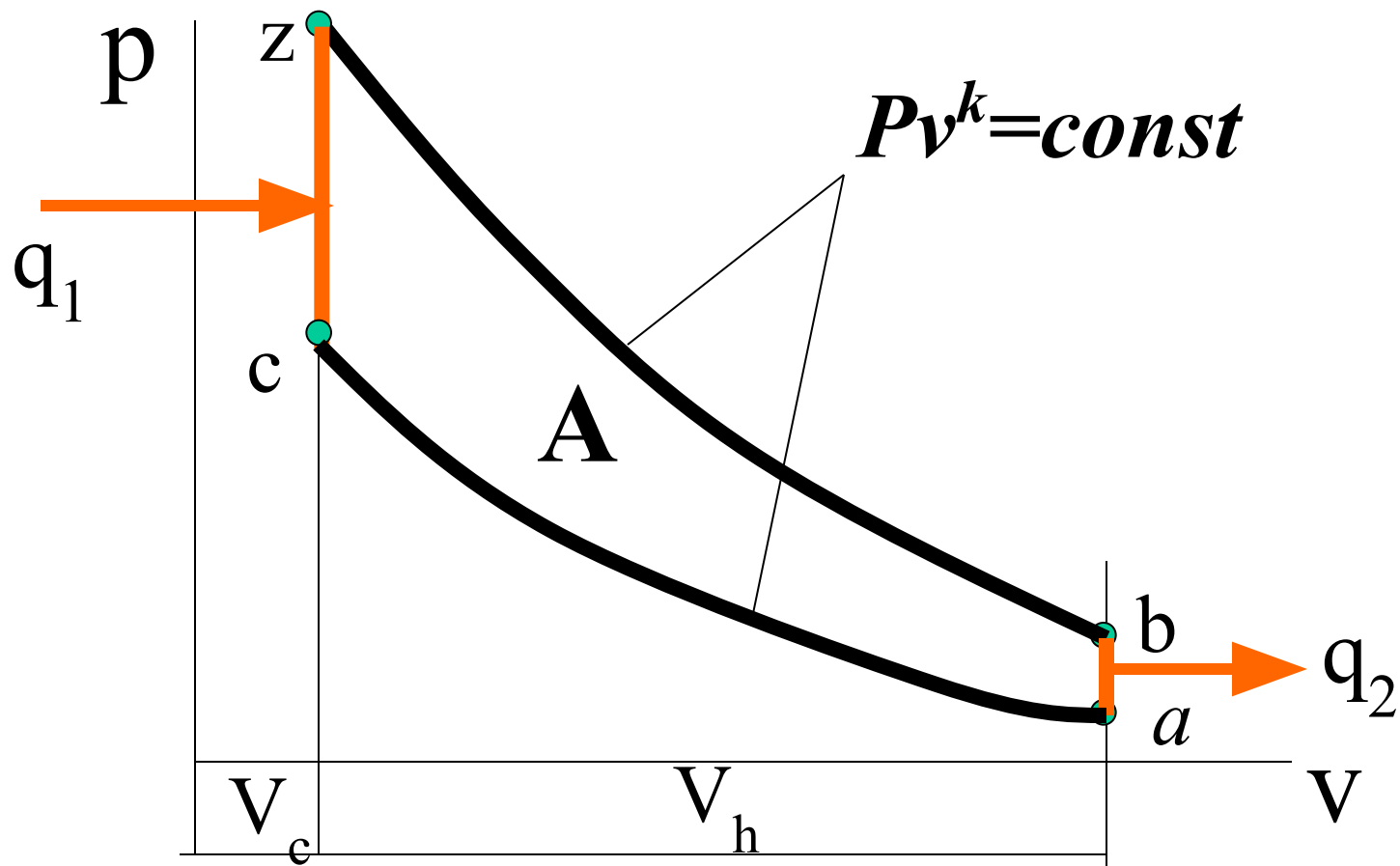
Двигатель, запатентованный Н. Отто в 1876г.





H. OTTO

Теоретический цикл Д.И.З. (Цикл Отто)



Термический КПД цикла

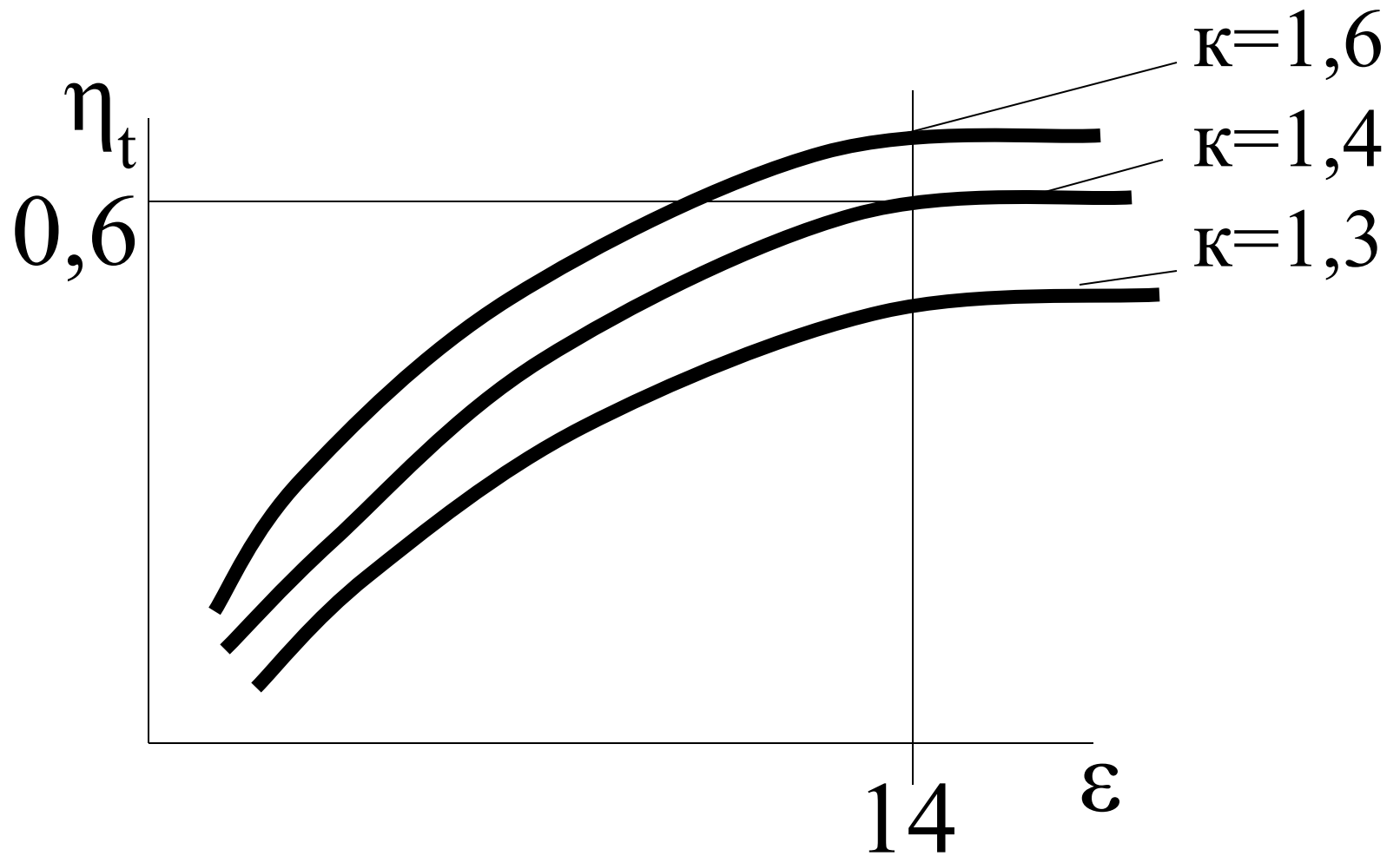
$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

$$\frac{V_a}{V_c} = \varepsilon$$

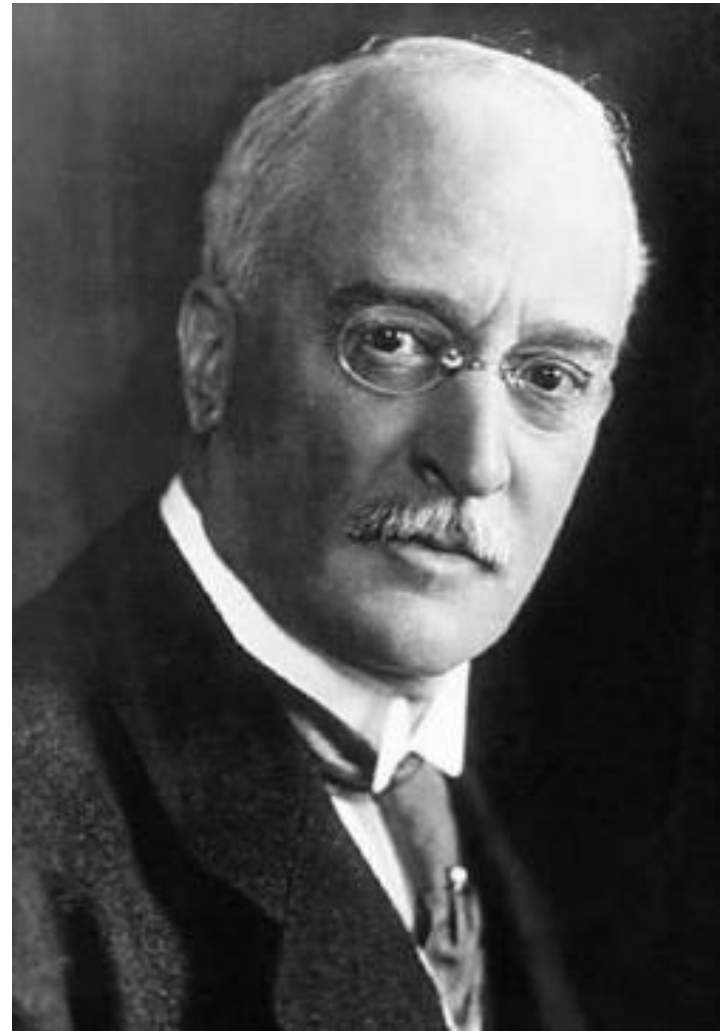
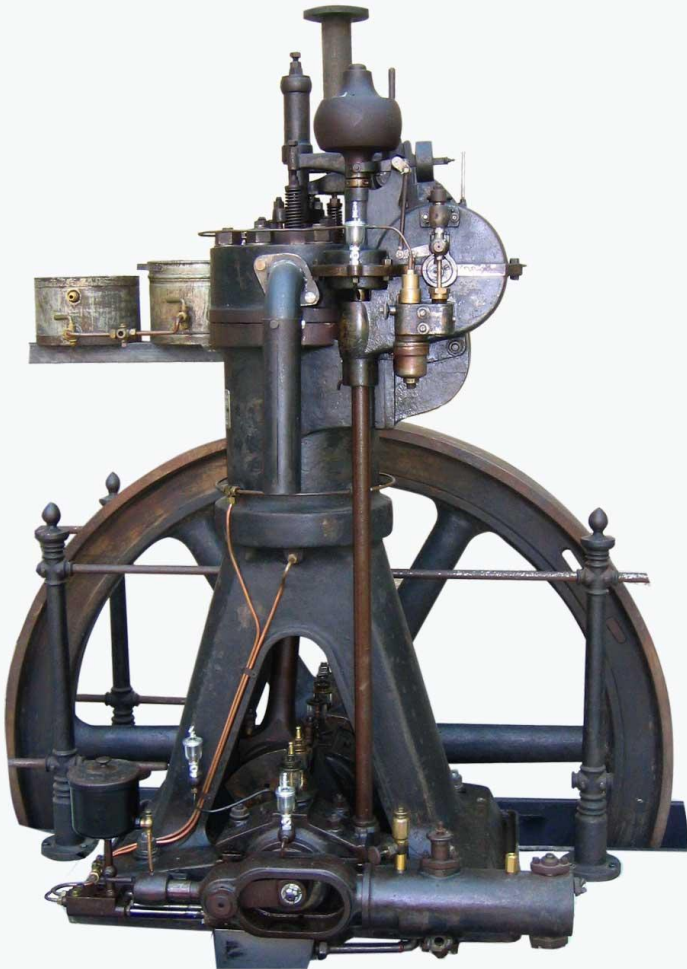
Цикл Отто

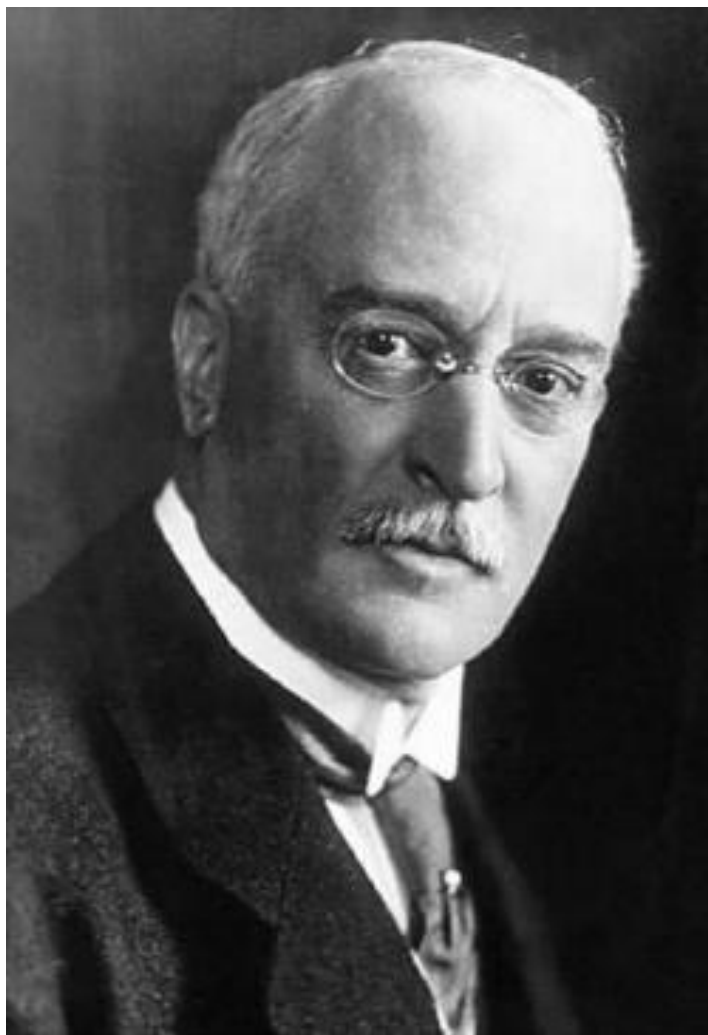
$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Анализ цикла Отто



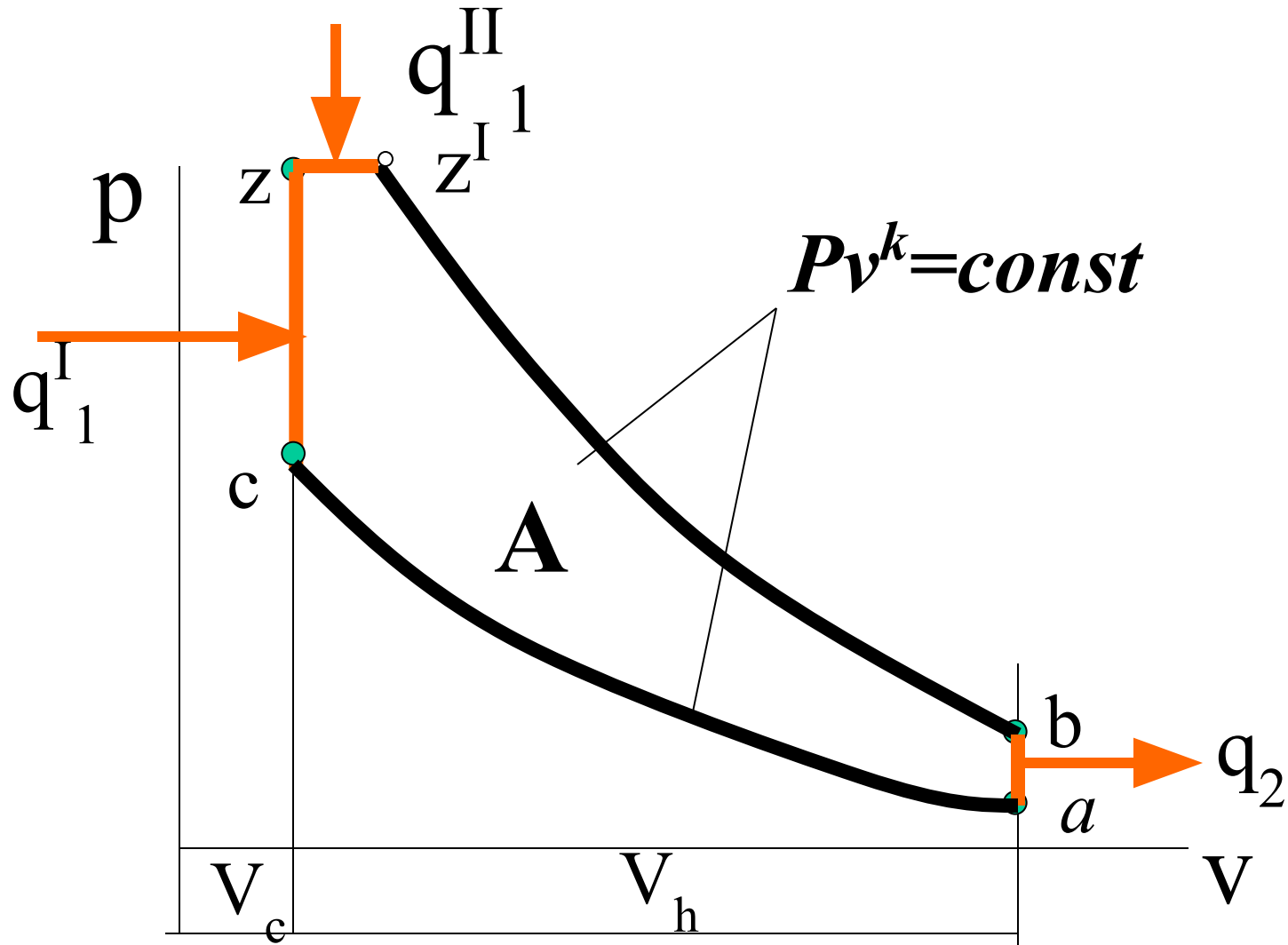
Двигатель, запатентованный Рудольфом Дизелем в 1897 году





Р. Дизель (1858-1913)

Теоретический цикл дизеля (цикл Тринклера)





Г.В. Тринклер (1876-1957)



Б.С. Стечкин

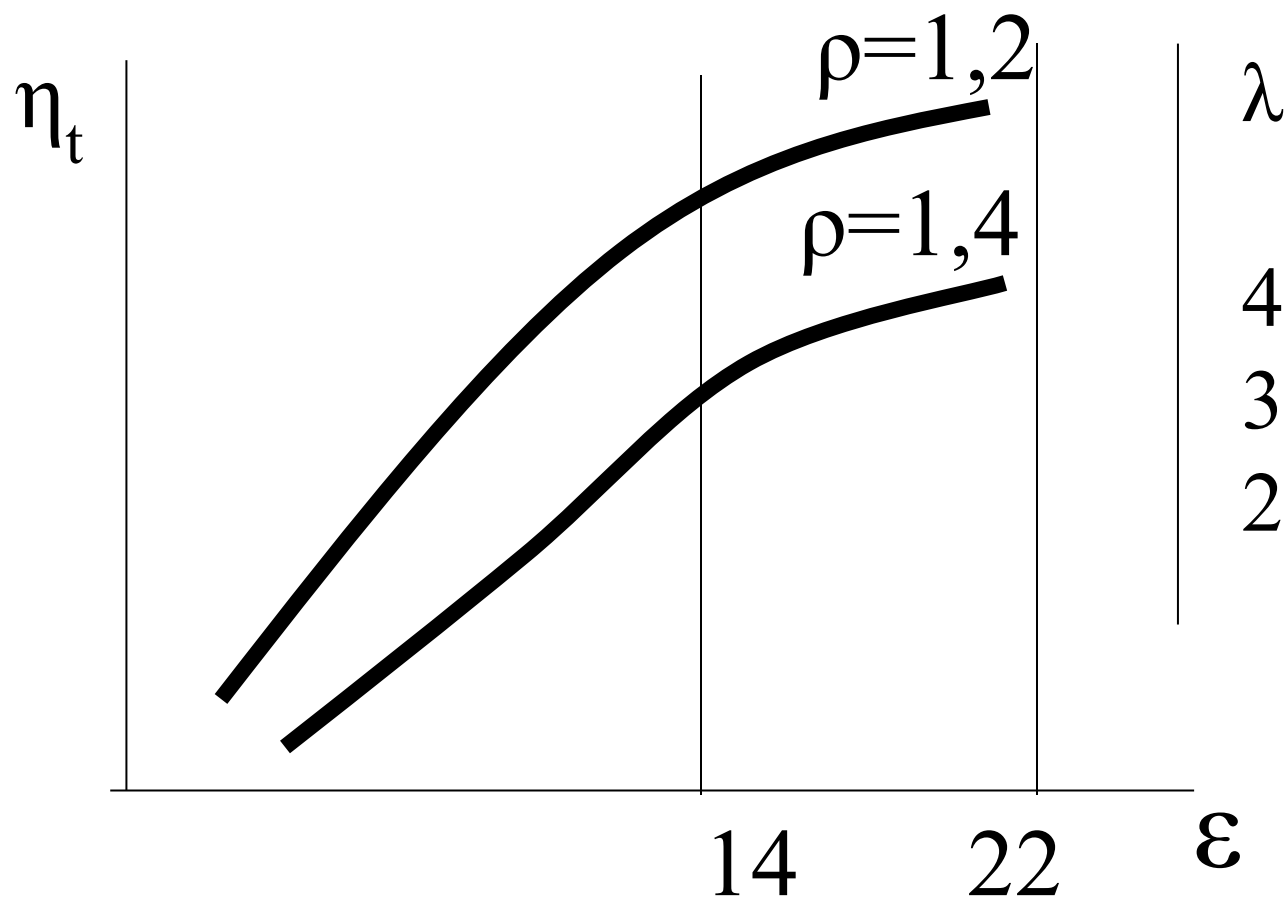
Термический КПД цикла

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1^{\text{I}} + q_1^{\text{II}}}$$

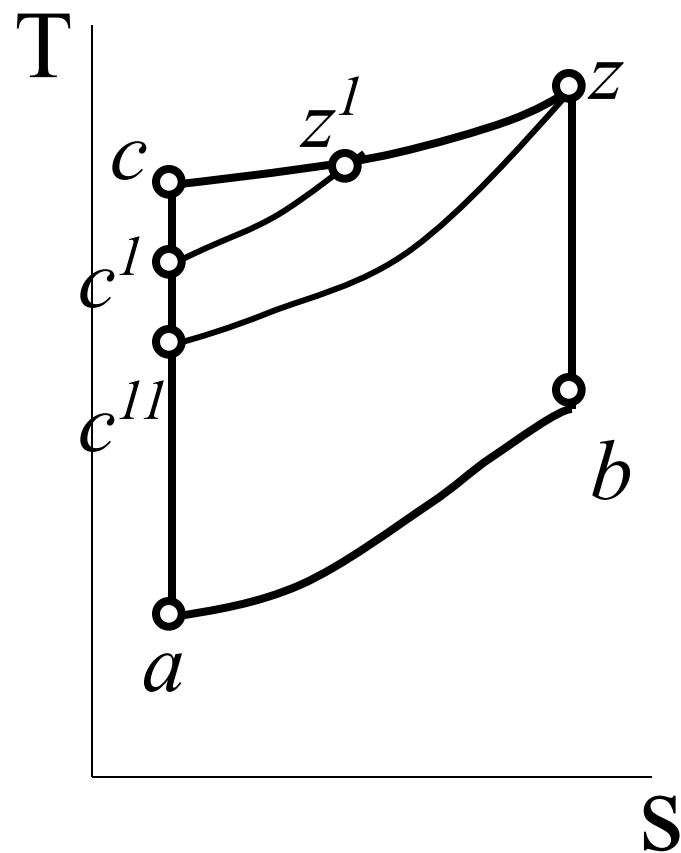
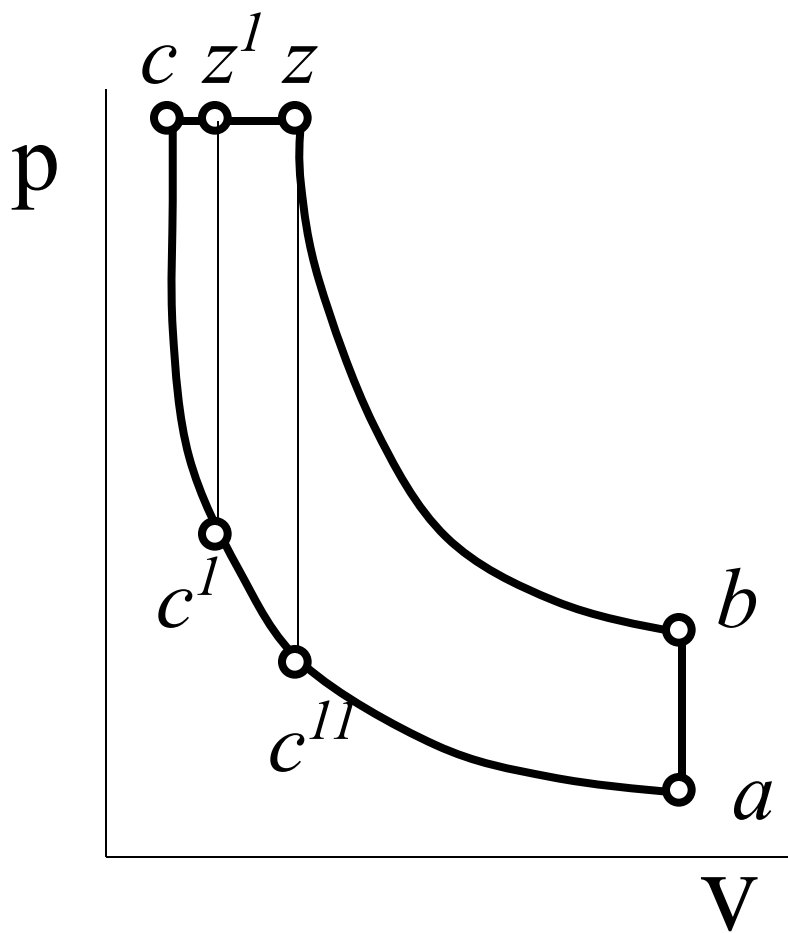
$$\frac{p_z}{p_c} = \lambda \quad \frac{V_{z^{\text{I}}}}{V_z} = \rho$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)}$$

Анализ цикла Тринклера



Обобщенный анализ циклов



Анализ КПД циклов

- При одинаковых значениях « ϵ »:

$$\eta_T^{\text{Дизеля}} < \eta_T^{\text{Тринклера}} < \eta_T^{\text{Отто}}$$

- При одинаковых наивысших температурах:

$$\eta_T^{\text{Дизеля}} > \eta_T^{\text{Тринклера}} > \eta_T^{\text{Отто}}$$

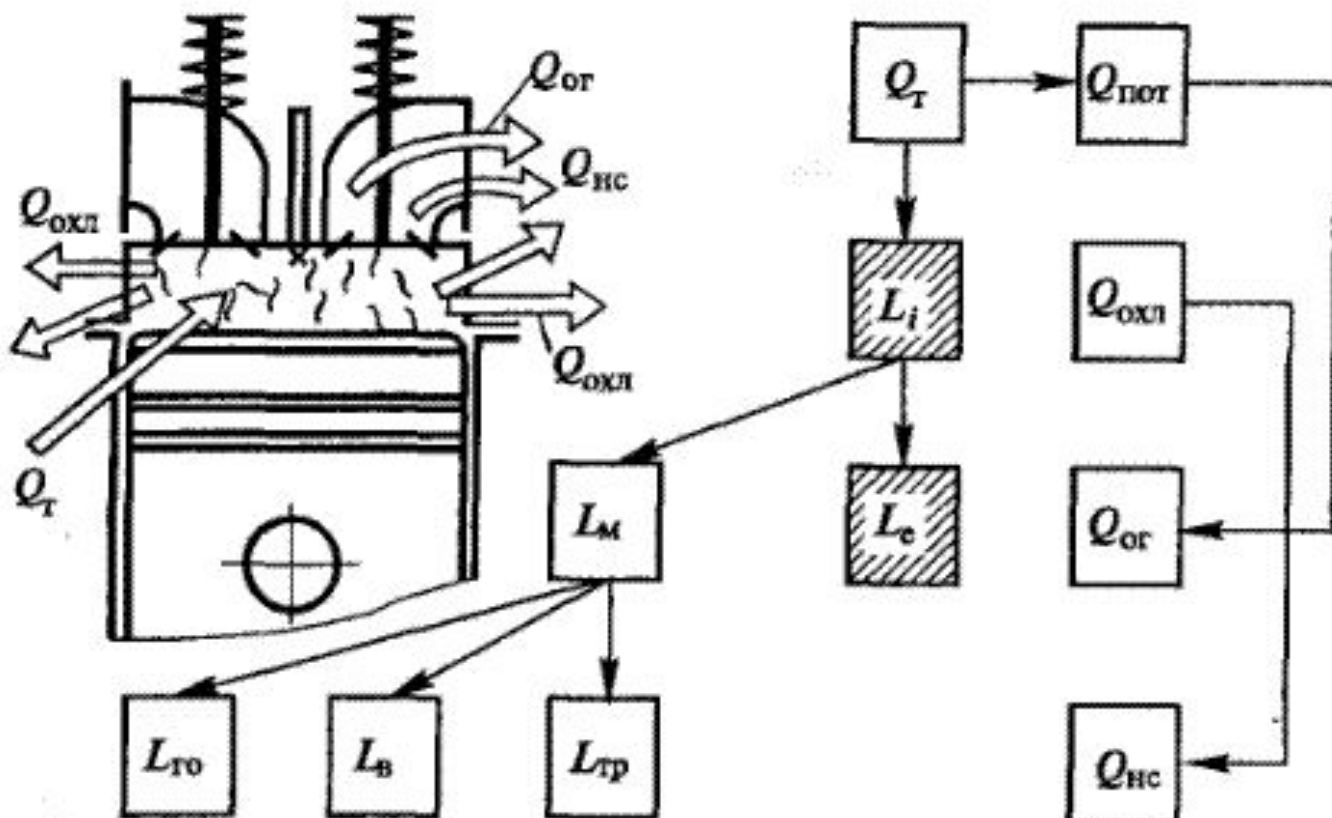
- При одинаковых давлениях « p_z »

$$\eta_T^{\text{Дизеля}} > \eta_T^{\text{Тринклера}} > \eta_T^{\text{Отто}}$$

КПД -теплоиспользование в ДВС

- КПД-термический $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ $\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$
- КПД –индикаторный $\eta_i = 8,314 \frac{M_i \cdot T_0 \cdot p_i}{H_u \cdot p_0 \cdot \eta_v}$
- КПД – механический η_m
- КПД – эффективный $\eta_e = \eta_i \eta_m$

Теплоиспользование в ДВС (энергетический баланс)



Топливная экономичность ДВС

$$b_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e} \cdot 10^3, \quad \text{г/кВт·ч}$$

$$\eta_e = 8,314 \frac{M_i \cdot T_0 \cdot p_i}{H_u \cdot p_0 \cdot \eta_v} \cdot \eta_m$$

$$\eta_v = \frac{\varepsilon \cdot p_a \cdot T_0}{(\varepsilon - 1) \cdot p_0 \cdot (T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r)}$$

$$p_i = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left\{ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left[1 - \left(\frac{\rho}{\varepsilon} \right)^{n_2 - 1} \right] - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right\}$$

**Рейтинговая система аттестации студентов по дисциплине:
«Конструкция и основы расчета энергетических установок»
6 семестр**

Наименование контрольной точки дисциплины	Целевая установка				Максимальное количество баллов/оценка			Итого За семестр
	систем атично сть знаний	уметь	пони мать	Твор чество	1 аттес т.	2 аттес т.	3 аттес т.	
Своевременное выполнение качественная защита лаб. работ.	+	+	+		5	5	10	20
Результаты электронного тестирования	+		+		5	5	10	20
Результаты контроля учебн. материала на лекциях	+		+		5	5	5	15
Курсовая работа (расчет ДВС)		+			10	10	10	30
Участие в НИР студентов	+	+	+	+	5	5	5	15
Зачтено $\geq 61б$					30	30	40	100

