بسم الله الرحمن الرحيم

شاخصهای عملیاتی(عملکرد)موتور

پارامترهای عملکردی موتور :

-کار

- گشتاور(تورک)

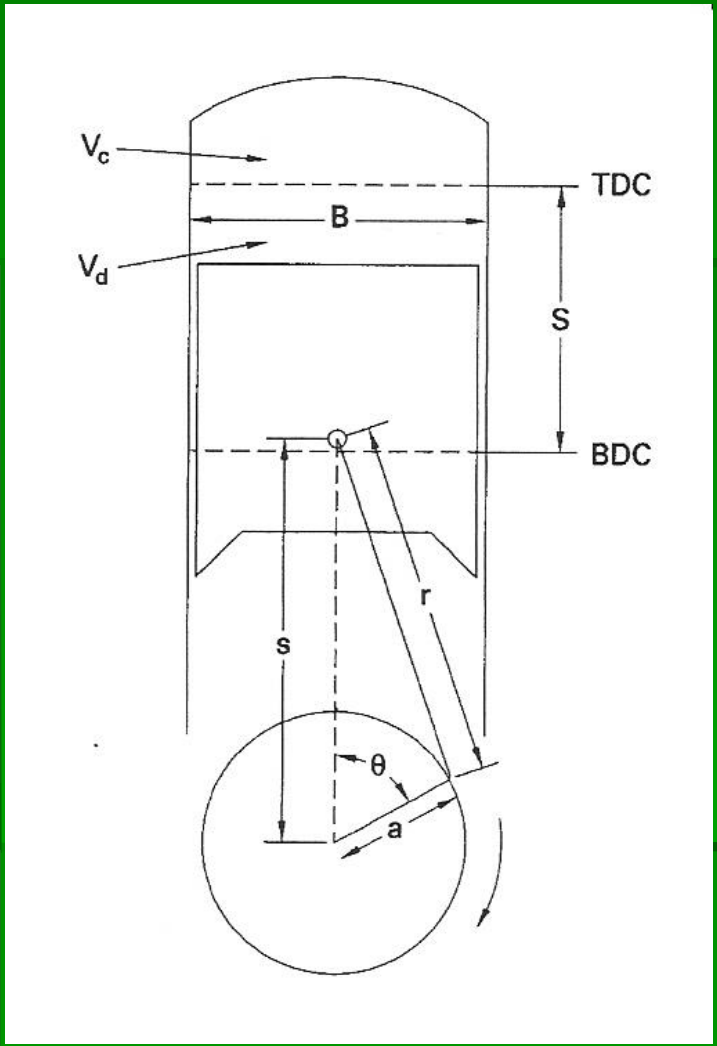
- قدرت (توان)

- نیازمندیهای سوخت ،هوا و احتراق

- بازده ها

- اندازه گیری آلایندگی های خروجی موتور

پارامترهای موتور



- قطر سیلندر (برحسب متر ؛ سانتیمتر؛ اینچ ؛ فوت)
- شعاع لنگ (برحسب متر ؛ سانتیمتر؛ اینچ ؛ فوت)
- کورس پیستون (برحسب متر؛ سانتیمتر؛ اینچ ؛ فوت)
- دور موتور ***RPM***
- سرعت متوسط پیستون U_P

$$(15\,ft/s)5m/s \le U_P \le 15m/s(50\,ft/s)$$

$$S = 2a$$

$$Up = 2SN$$

علت محدود بودن سرعت پیستون در این دامنه:

1- حد ایمنی که به مقاومت مصالح اجزاء موتور مربوط است.

-در یک موتور با دور 3000 هر تحول در 02/0 ثانیه و موتور با 12000 دور هر تحول در005/0 ثانیه

- سرعت پیستون به دور موتور و اندازه موتور بستگی دارد.

- رابطه همبستگی قویا معکوسی بین اندازه موتور و سرعت عملیاتی وجود دارد.موتورهای خیلی بزرگ با قطر سیلندر حدودا 5/0 متر دارای دور 200 تا 400 ولی موتورهای خیلی کوچک مثل موتور هواپیما با قطر 1 سانتیمتر دارای دورهای 12000 و بیشتر هستند .

TABLE 2-1 TYPICAL ENGINE OPERATING PARAMETERS

	Model Airplane Two-Stroke Cycle	Automobile Four-Stroke Cycle	Large Stationary Two-Stroke Cycle
BORE (cm)	2.00	9.42	50.0
STROKE (cm)	2.04	9.89	161
DISPLACEMENT/cyl (L)	0.0066	0.69	316
SPEED (RPM)	13,000	5200	125
POWER/cyl (kW)	0.72	35	311
AVERAGE PISTON SPEED (m/sec)	8.84	17.1	6.71
POWER/DISPLACEMENT (kW/L)	109	50.7	0.98
bmep (kPa)	503	1170	472

دور موتور اتومبیلها از 500 تا 5000 (دور بهینه 2000) -
ب- دلیل دوم :جریان گاز داخل و خارج سیندرها.
سرعت پیستون تعیین کننده دبی لحظه ای مخلوط هوا و سوخت به داخل سیلندر و جریان خروجی به خارج از سیلندر است. سرعتهای بالای پیستون نیاز به سوپاپهای بزرگتر ی دارند تا دبی بیشتری را از خود عبور دهند.

دامنه قطر سیلندر از 5/0 متر تا 5/0 سانتیمتر.-
- نسبت قطر به کورس برای موتورهای کوچک از 8/0 تا 2/1 است.
B/S
- موتور مربعی $B=S$
اگر B<S زیر مربعی (موتورهای بزرگ)
اگر B>S فوق مربعی
- موتورهای خیلی بزرگ زیر مربعی هستند زیرا کورس بیشتریا مساوی چهار برابر قطر آن است.
فاصله بین محور میل لنگ و گژنپین :

$$s = a\cos\theta + \sqrt{r^2 - a^2\sin^2\theta}$$

– شعاع لنگ a
–طول دسته شاتون r
- زاویه گردش میل لنگ θ
- وقتی پیستون در نقطه مرگ بالاست این زاویه برابر صفر است.

$$U_p = ds/dt$$

مزایای موتورهای کورس کوتاه :

-تلفات کمتر توان در اثر اصطکاک

- کاهش بار وارده بر یاتاقانهای موتور

- کاسته شدن ارتفاع موتور و در نتیجه پایین آمدن تراز کاپوت

مزایای موتورهای کورس بلند :

- کاهش دود در نتیجه اینکه مخلوط هوا و سوخت فرصت بیشتری برای سوختن دارند

-احتراق کاملتر

-پاکیزه تر بودن گاز خروجی اگزوز

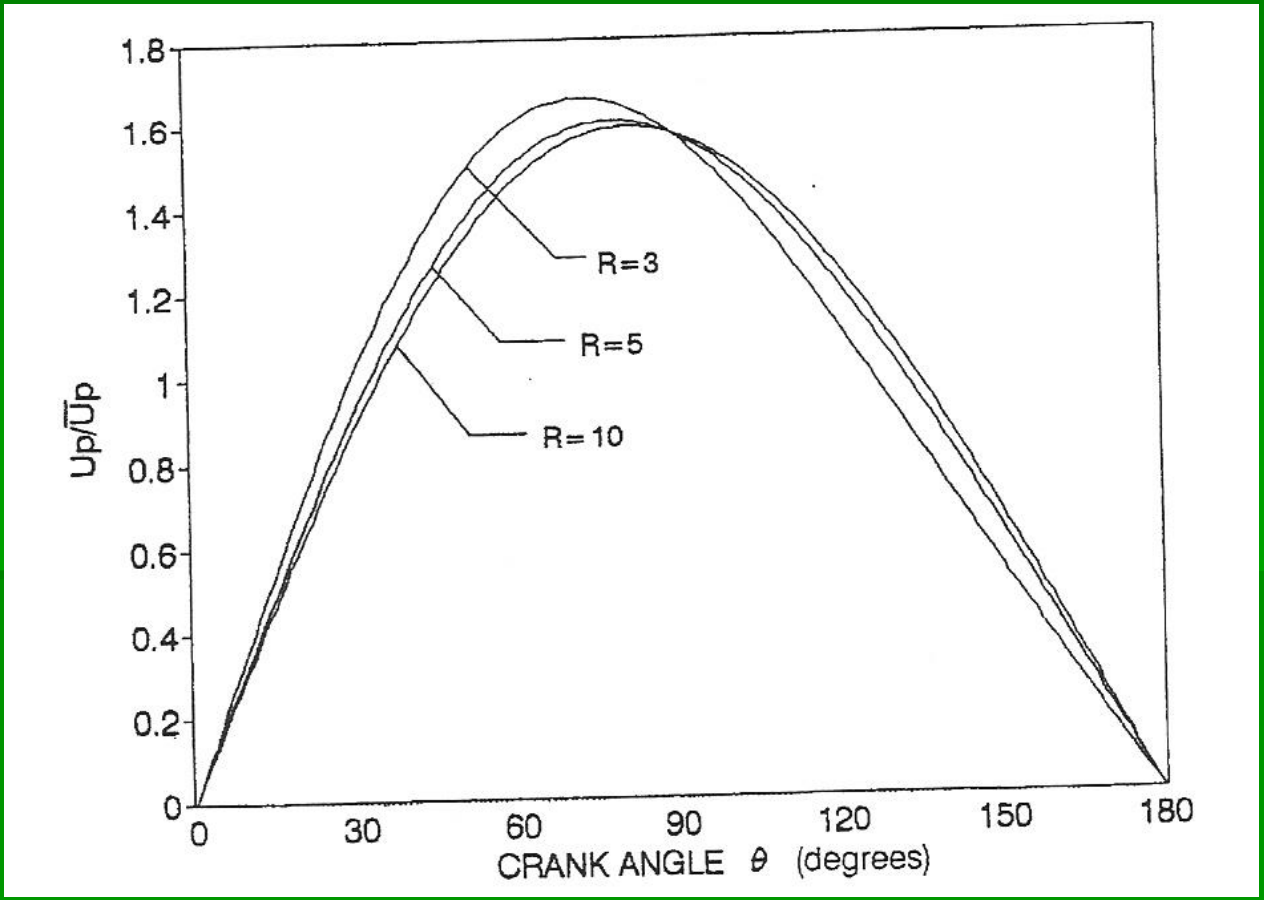
سرعت لحظه ای پیستون

$$U_p/\overline{U}_p = (\pi/2)\sin\theta[1 + (\cos\theta/\sqrt{R^2 - \sin^2\theta})]$$

$$R = r/a$$

- مقدار R برای موتورها ی کوچک = 3تا 4
  مقدار R برای موتورها ی بزرگ = 5تا 10

اثر R روی سرعت پیستون



حجم جابجایی یا حجم جاروب شده: (برحسب مترمکعب ،سانتی مترمکعب ،اینچ مکعب)

$$V_d = V_{BDC} - V_{TDC}$$

- برای یک سیلندر

$$V_d = (\pi/4)B^2S$$

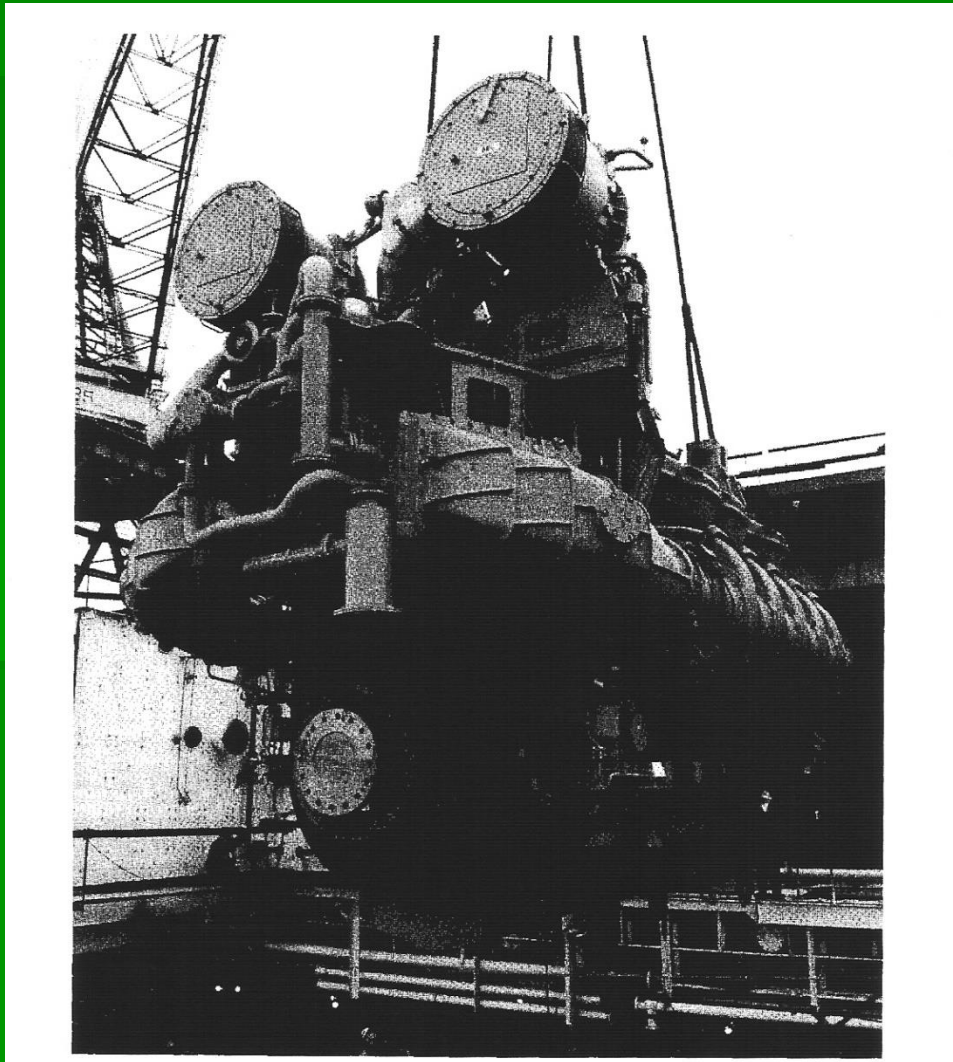
For an engine with N_c cylinders:

$$V_d = N_c(\pi/4)B^2S$$

where: B = cylinder bore
S = stroke
N_c = number of engine cylinders

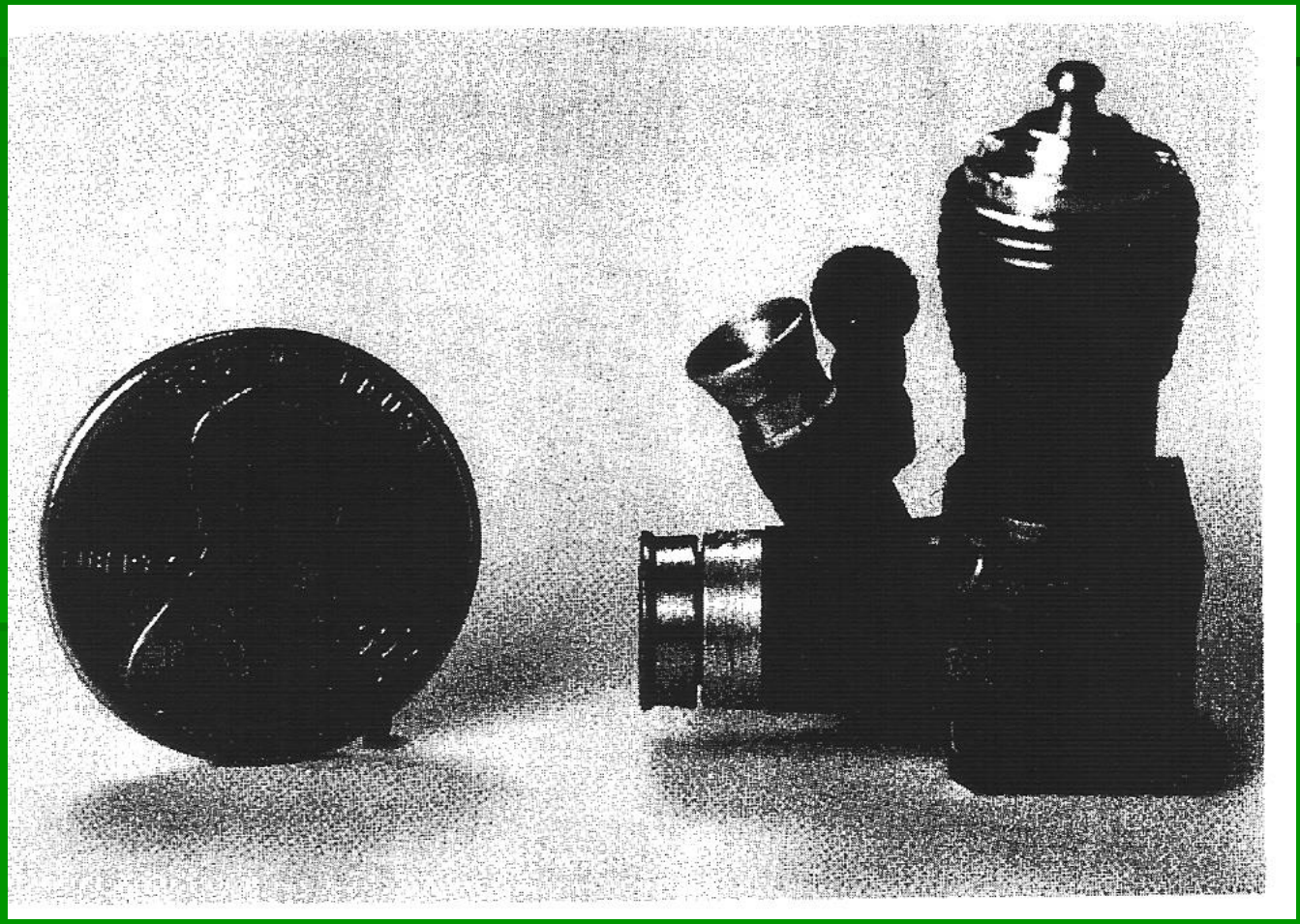
$$1\ \text{L} = 10^{-3}\ \text{m}^3 = 10^3\ \text{cm}^3 \approx 61\ \text{in.}^3$$

- دامنه حجم جابجایی از 1/0 سانتی متر مکعب (در هواپیمای مدل کوچک) تا 8 لیتر برای اتومبیلهای بزرگ متغیر است .



- موتور دیزلی 10 سیلندر کشتی

موتور تک سیلندر هواخنک دوزمانه هواپیمای مدل با 164/0 سانتی متر مکعب حجم جابجایی



برای یک حجم جابجایی داده شده :

1- <u>کورس بیشتر (زیر مربعی):</u> قطر کوچک پیستون و سیلندر– سطح کمتر– تلفات حرارتی کمتر– افزایش بازده حرارتی – سرعت بالاتر پیستون – تلفات اصطکاکی بیشتر- کاهش قدرت خروجی

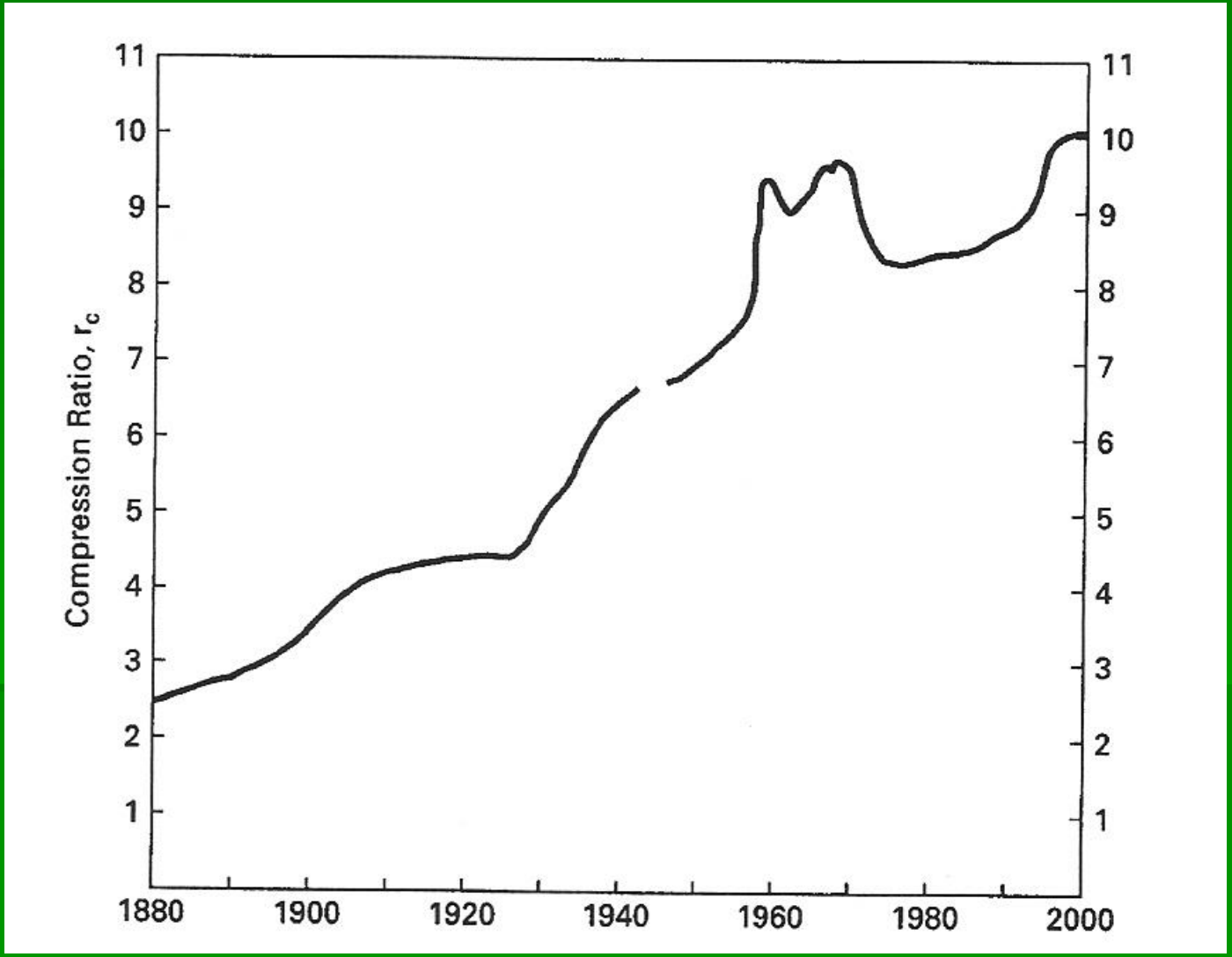
2- <u>کورس کمتر (فوق مربعی):</u> قطر بیشتر– کاهش تلفات اصطکاکی – افزایش انتقال حرارت

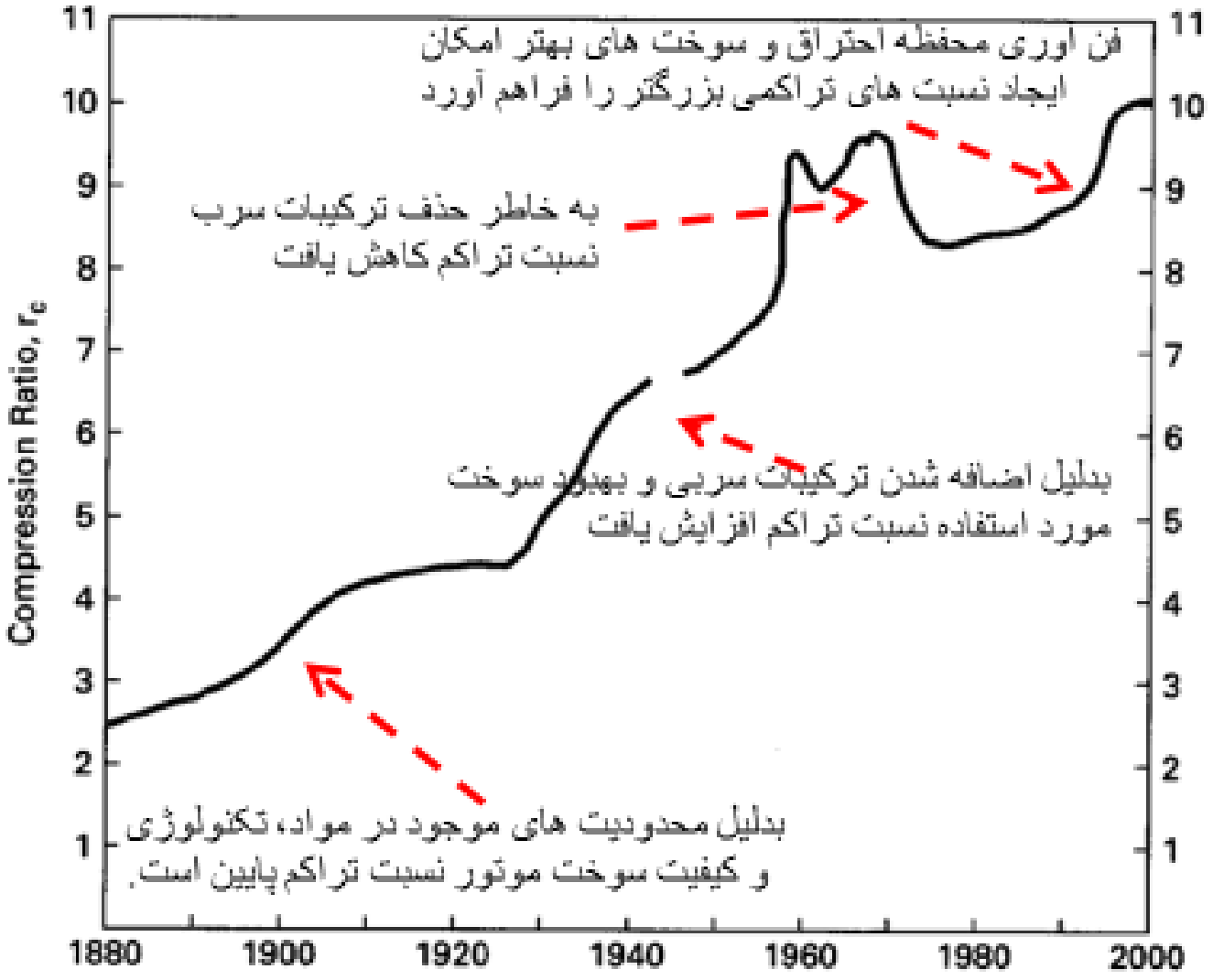
نسبت تراکم : $r_C = VBDC / VTDC = (V_C + V_d) / V_C$

$$V_c = V_{\text{TDC}}$$

$$V_{\text{BDC}} = V_c + V_d$$

- نسبت تراکم موتورهای اشتعال جرقه ای از 8 تا 11
- نسبت تراکم موتورهای اشتعال تراکمی از 12 تا 24
- موتورهای دارای توربوشارژر یا سوپرشارژردارای نسبت تراکم کمتر


Compression Ratio, r_c
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000


فن اوری محفظه احتراق و سوخت های بهتر امکان
ایجاد نسبت های تراکمی بزرگتر را فراهم آورد
به خاطر حذف ترکیبات سرب
نسبت تراکم کاهش یافت
بدلیل اضافه شدن ترکیبات سربی و بهبود سوخت
مورد استفاده نسبت تراکم افزایش یافت
بدلیل محدودیت های موجود در مواد، تکنولوژی
و کیفیت سوخت موتور نسبت تراکم پایین است.
Compression Ratio, r_c
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000

ایجاد نسبت تراکم متغیر:

- با استفاده از پیستون اسپلیت (دو تکه) که بواسطه تغییرات فشار هیدرولیکی بوجود آمده در اثر سرعت و بار موتور توسعه می یابد.
- در بعضی از موتورهای دوزمانه با استفاده از سوپاپ اسلیو-تایپ که مجرای چاکدار دریچه خروجی را تغییر می دهد.

حجم سیلندر در هر زاویه میل لنگ :

The cylinder volume V at any crank angle is:

$$V = V_c + (\pi B^2/4)(r + a - s)$$

where: V_c = clearance volume
B = bore
r = connecting rod length
a = crank offset
s = piston position shown in Fig. 2-1

$$V/V_c = 1 + \tfrac{1}{2}(r_c - 1)[R + 1 - \cos\theta - \sqrt{R^2 - \sin^2\theta}]$$

r_c = compression ratio
$R = r/a$

سطح مقطع عرضی سیلندرو سطح پیستون کف تخت :

$$A_p = (\pi/4)B^2$$

The combustion chamber surface area is:

$$A = A_{ch} + A_p + \pi B(r + a - s)$$

- A_{ch} مساحت سطح سرسیلندرکه مقداری از سطح پیستون بزرگتر است.

$$A = A_{ch} + A_p + (\pi BS/2)[R + 1 - \cos\theta - \sqrt{R^2 - \sin^2\theta}]$$

مثال1 :

- یک موتور مربعی خورجینی 6 سیلندربنزینی چهار زمانه سه لیتری دارای دور 3600 دور در دقیقه ، نسبت تراکم 5/9 ، طول دسته شاتون 6/16 سانتیمتر مفروض است . در این سرعت انفجار در 20 درجه بعد از نقطه مرگ بالا خاتمه می یابد.محاسبه کنید :

1- قطر سیلندر و کورس پیستون

2-سرعت متوسط پیستون

3-حجم فضای مرده یک سیلندر

4-فاصله ای که پیستون از نقطه مرگ بالا در انتهای احتراق می پیماید.

5-حجم محفظه احتراق در انتهای احتراق.

حل :

$$V_d = V_{\text{total}}/6 = 3\text{L}/6 = 0.5\ \text{L} = 0.0005\ \text{m}^3 = (\pi/4)B^2S = (\pi/4)B^3$$

$$B = 0.0860\ \text{m} = 8.60\ \text{cm} = S$$

$$\bar{U}_p = 2SN = (2\ \text{strokes/rev})(0.0860\ \text{m/stroke})(3600/60\ \text{rev/sec})$$

$$= 10.32\ \text{m/sec}$$

$$r_c = 9.5 = (V_d + V_c)/V_c = (0.0005 + V_c)/V_c$$

$$V_c = 0.000059\ \text{m}^3 = 59\ \text{cm}^3$$

- *a=S/2=0.0430m=4.30 cm*

$$R = r/a = 16.6\ \text{cm}/4.30\ \text{cm} = 3.86$$

$$U_p/\overline{U}_p = (\pi/2)\sin\theta[1 + (\cos\theta/\sqrt{R^2 - \sin^2\theta})]$$

$$= (\pi/2)\sin(20°)\{1 + [\cos(20°)/\sqrt{(3.86)^2 - \sin^2(20°)}]\}$$

$$= 0.668$$

$$U_p = 0.668\,\overline{U}_p = (0.668)(10.32 \text{ m/sec}) = \underline{6.89 \text{ m/sec}}$$

$$s = a\cos\theta + \sqrt{r^2 - a^2\sin^2\theta}$$

$$= (0.0430 \text{ m})\cos(20°) + \sqrt{(0.166 \text{ m})^2 - (0.0430 \text{ m})^2\sin^2(20°)}$$

$$= 0.206 \text{ m}$$

$$x = r + a - s = (0.166 \text{ m}) + (0.043 \text{ m}) - (0.206 \text{ m})$$

$$= \underline{0.003 \text{ m} = 0.3 \text{ cm}}$$

$$V/V_c = 1 + \tfrac{1}{2}(r_c - 1)[R + 1 - \cos\theta - \sqrt{R^2 - \sin^2\theta}]$$

$$= 1 + \tfrac{1}{2}(9.5 - 1)[3.86 + 1 - \cos(20°) - \sqrt{(3.86)^2 - \sin^2(20°)}]$$

$$= 1.32$$

$$V = 1.32\,V_c = (1.32)(59 \text{ cm}^3) = \underline{77.9 \text{ cm}^3 = 0.0000779 \text{ m}^3}$$

کار:

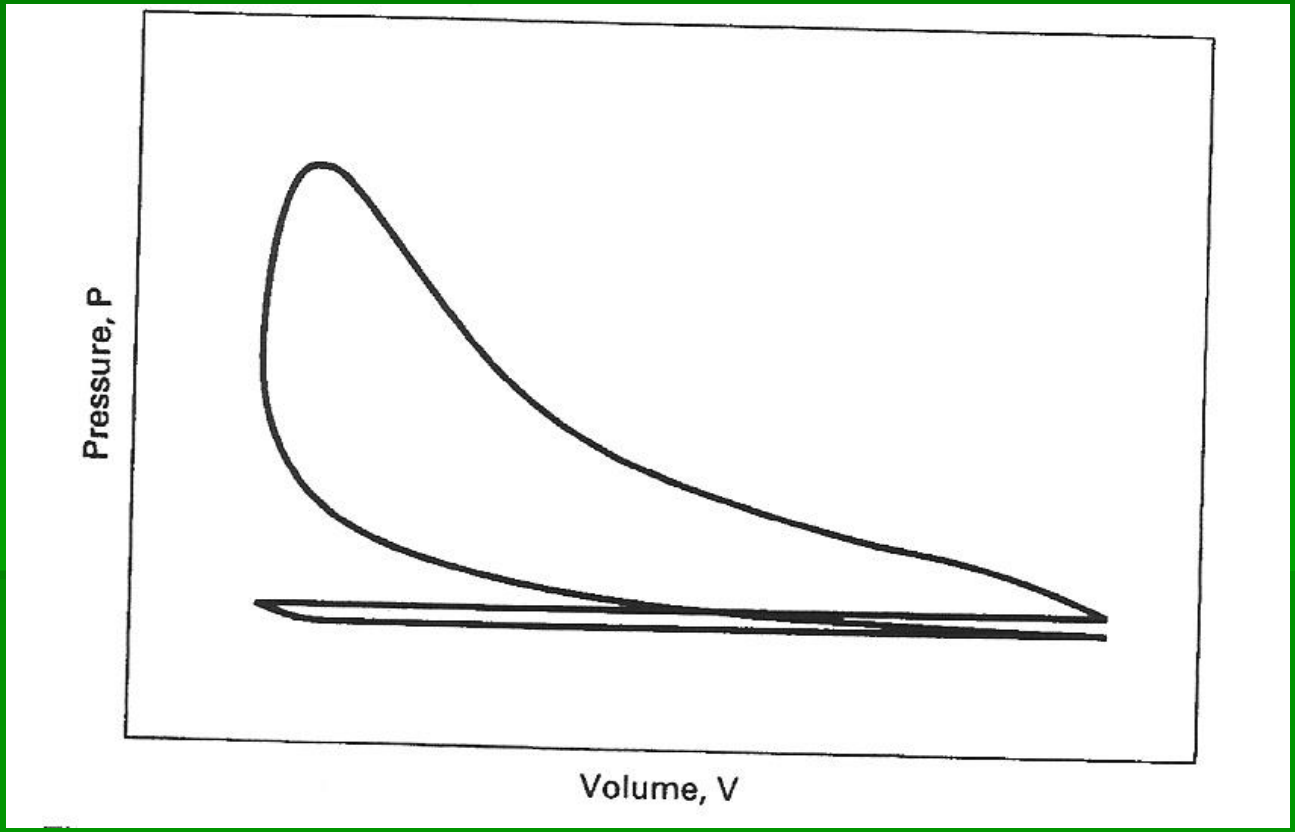
$$W = \int F\,dx = \int PA_p\,dx$$

where: P = pressure in combustion chamber
A_P = area against which the pressure acts (i.e., the piston face)
x = distance the piston moves

$$A_p\,dx = dV$$

$$W = \int P\,dV$$

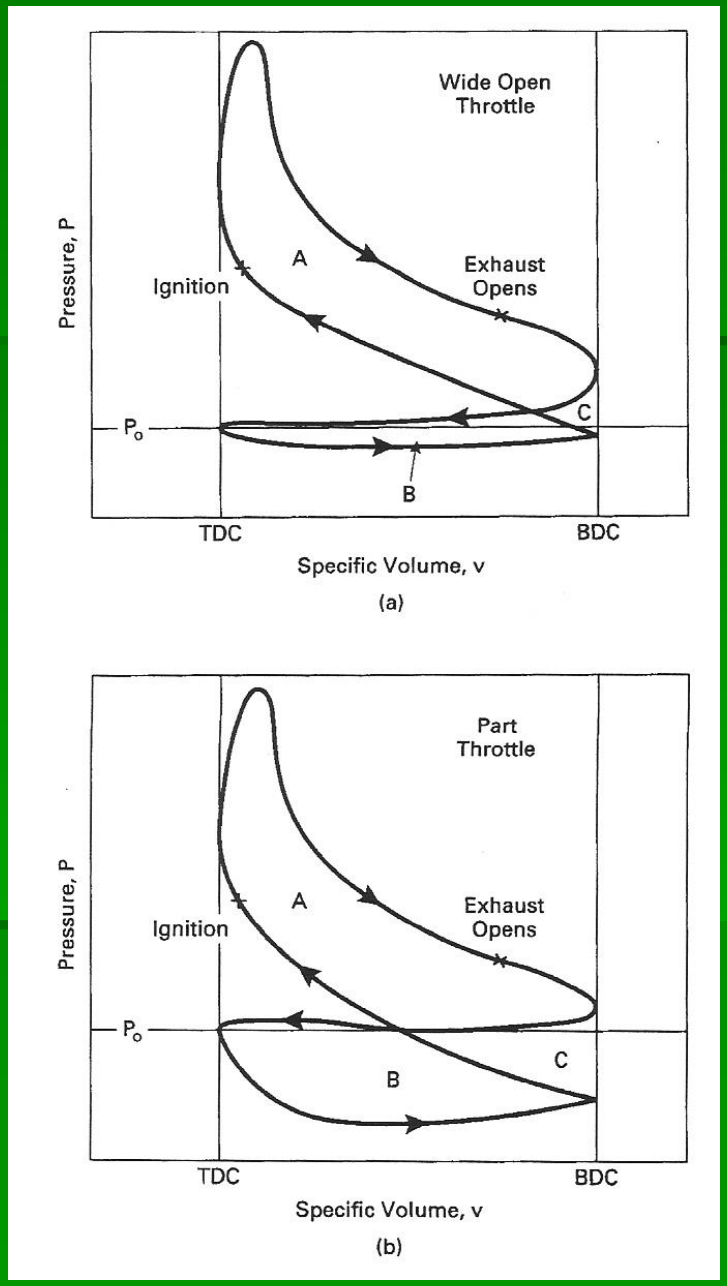
دیاگرام اندیکاتورتهیه شده توسط اسیلوسکوپ با استفاده از مبدل فشار نصب شده در محفظه احتراق و یک سنسور موقعیت الکترونیکی نصب شده روی پیستون یا میل لنگ



به دلیل چند سیلندری بودن موتورها معمولا آنالیز سیکلهای موتور در واحد جرم گاز داخل سیلندر صورت می گیرد . پس :
حجم با حجم ویژه و کار با کار ویژه جایگزین می گردد.

$$w = W/m \qquad v = V/m$$

$$w = \int P\,dv$$


Wide Open
Throttle
Pressure, P
A
Ignition
Exhaust
Opens
C
P_o
B
TDC
BDC
Specific Volume, v
(a)
Part
Throttle
Pressure, P
A
Ignition
Exhaust
Opens
P_o
C
B
TDC
BDC
Specific Volume, v
(b)

کار اندیکاتوری (نامی یا اسمی):

کار بدست آمده از سطح زیر منحنی فشار – حجم.

کار مفید (کار ترمزی):

به دلیل اصطکاک مکانیکی و بارهای مزاحم مثل پمپ روغن ؛سوپر شارژر؛کمپرسور هوا؛آلتر ناتورو... ؛کار تحویل داده شده توسط میل لنگ کمتر از کار اسمی است .

کار واقعی موجود بر روی میل لنگ را کار مفید می نامند.

واحد کار : *Kj/kg or BTU/lbm*

$$w_b = w_i - w_t \qquad (2$$

where: w_i = indicated specific work generated inside combustion chamber

w_t = specific work lost due to friction and parasitic loads

کارناخالص اسمی :

حلقه بالایی تصویرسیکل موتور که شامل کورسهای تراکم و قدرت است و کارتولید می شود ؛ کارتولید شده را کار ناخالص اسمی می گویند.

سطوح ***A&C***

حلقه پایینی شامل کورسهای ورود و خروج را کارپمپ گویند که ازموتور کارمی گیرد.درموتورهایی که بدون سوپر شاژر هستند مقدارآن منفی است. اما موتورهای سوپرشارژرداریا توربوشارژرداربه دلیل فشارهای ورودی بزرگتر نسبت به فشارخروجی مقدارکارپمپ مثبت است.

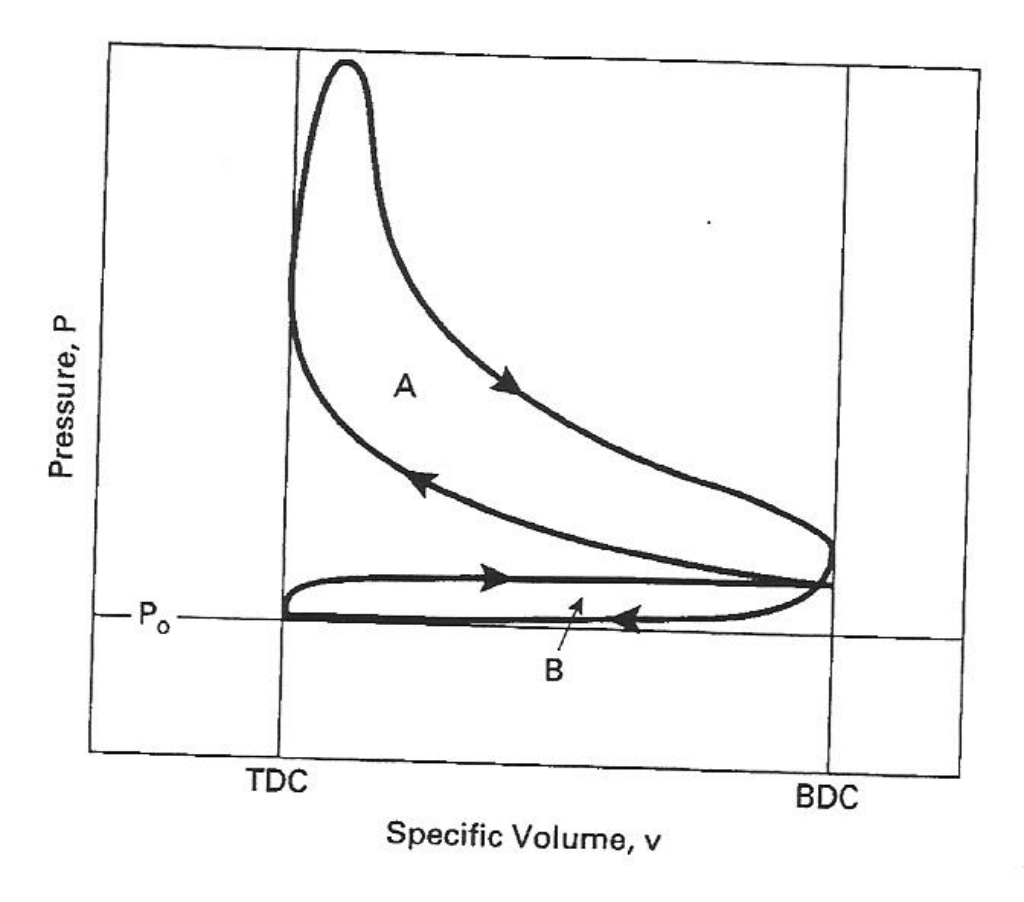
سطوح***B&C***

کاراسمی خالص :

$$w_{\text{net}} = w_{\text{gross}} + w_{\text{pump}}$$

$$w_{\text{net}} = (\text{Area A}) - (\text{Area B})$$

$$\omega_{net} = (AreaA) + (AreaB)$$

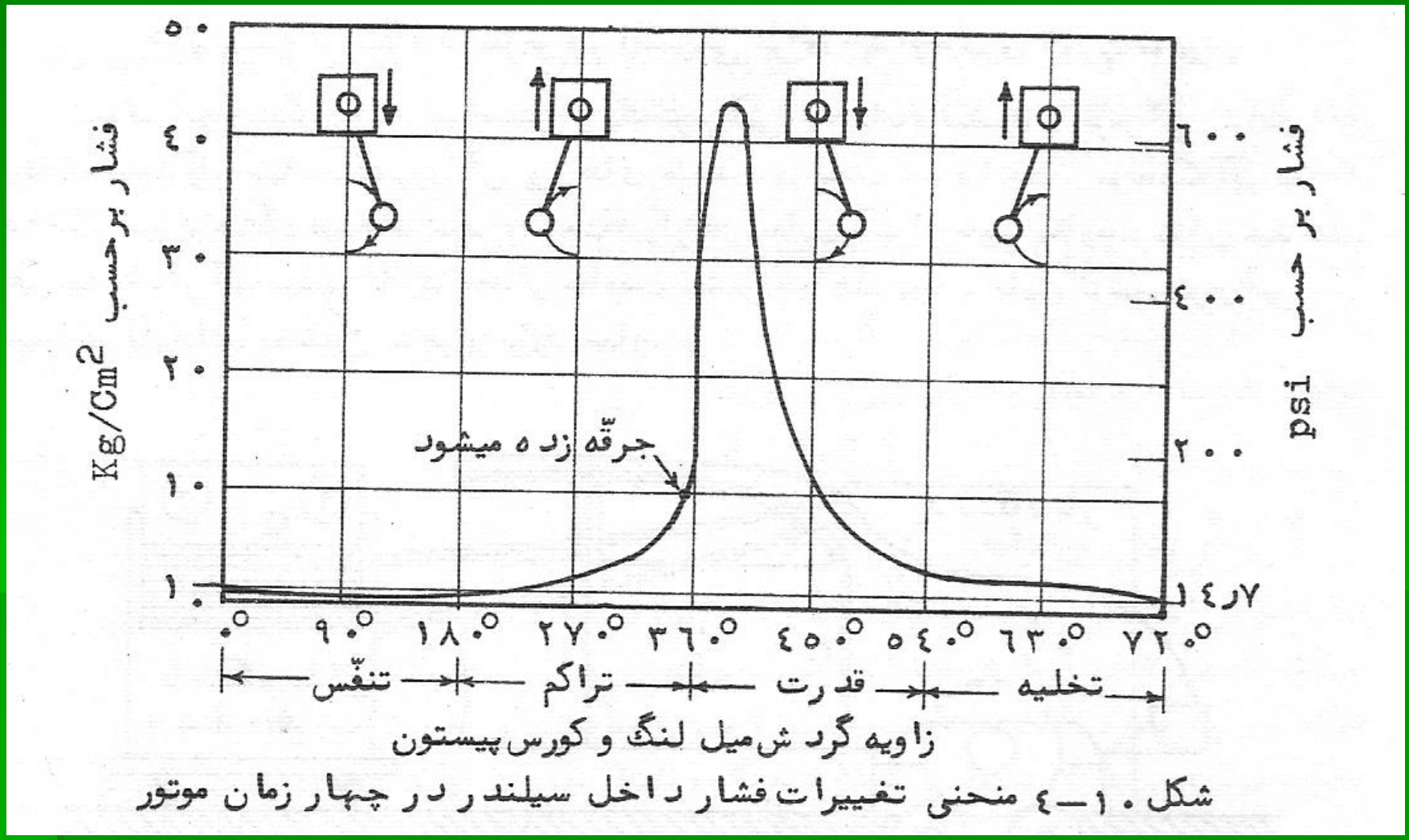


بازده مکانیکی :

نسبت کارترمزی درمیل لنگ به کاراسمی درمحفظه احتراق.

بازده مکانیکی موتورها از 75% تا 95% می باشد.

$$\eta_m = w_b / w_i = W_b / W_i$$



شکل ۱۰ــ۴ منحنی تغییرات فشار داخل سیلندر در چهار زمان موتور

فشار موءثر متوسط:

mep

این پارامترمستقل ازاندازه موتورو یا سرعت است . پس می تواند پارامترخوبی برای مقایسه در طراحی باشد.

اگرگشتاور مبنای مقایسه باشد پس موتور بزرگترهمیشه بهتربه نظرخواهد رسید. اگرقدرت مبنای مقایسه باشد سرعت خیلی مهم است.

$$w = (\text{mep})\,\Delta v$$

or:

$$\text{mep} = w/\Delta v = W/V_d$$

$$\Delta v = v_{\text{BDC}} - v_{\text{TDC}}$$

where: W = work of one cycle
w = specific work of one cycle
V_d = displacement volume

فشار موءثر متوسط ترمزی:

$$\text{bmep} = w_b / \Delta v$$

فشار موءثر متوسط اسمی :

$$\text{imep} = w_i / \Delta v$$

$$(\text{imep})_{\text{gross}} = (w_i)_{\text{gross}} / \Delta v$$

$$(\text{imep})_{\text{net}} = (w_i)_{\text{net}} / \Delta v$$

فشارموءثرمتوسط پمپ:

$$\text{pmep} = w_{\text{pump}} / \Delta v$$

فشار موءثر متوسط اصطکاک :

$$\text{fmep} = w_f / \Delta v$$

$$\text{nmep} = \text{gmep} + \text{pmep}$$

$$\text{bmep} = \text{nmep} - \text{fmep}$$

$$\text{bmep} = \eta_m \text{imep}$$

$$\text{bmep} = \text{imep} - \text{fmep}$$

where: nmep = net mean effective pressure

η_m = mechanical efficiency of engine