equilibrio térmico del motor.

La ecuación general del balance térmico exterior es:

$Q_1 = Qe + Qes + Qc + Qin$ [kJ/s] o [Btu/s], donde:

Q_1,- calor total inducido al motor.

Qe,- calor efectivo transformado en trabajo mecánico.

Qr,- calor perdido al refrigerar el motor.

Qes,-calor perdido en gases de escape.

Qc,- calor perdido por combustión incompleta o intotal.

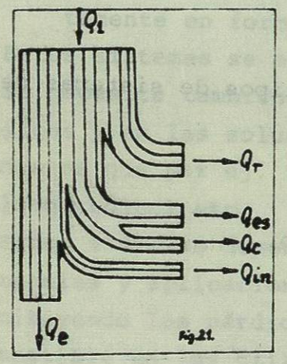
Qin,-calor perdido en formas indeterminadas.

En esta ecuación falta un componente de pérdidas mecánicas del motor, esas pérdidas contienen parcialmente:el calor Qr (el calor de fricción del émbolo sobre las paredes del cilindro que es evacuado por el medio refrigerador) y el calor Qin de pérdidas no especificadas.

Dividiendo ambos lados de la ecuación, por Q_1, se obtiene una ecuación porcentual del balance térmico del motor:

$$100\% = q_e + q_r + q_{es} + q_{in} \quad [\%]$$

El balance térmico se muestra en un diagrama llamado "diagrama de Sankey" en la fig. 21.



Tipo del Motor \ Calor porcentual.	q_e	q_r	$q_{es}+q_c$	q_{in}
Motores ECH (Otto)	24-28%	30-32%	36-40%	a8-10%
Motores EC (Diesel)	32-40%	25-28%	27-30%	16-2%

Fig. 21. Esquema del diagrama de Sankey del balance térmico exterior con tabla de valores de pérdidas de calor.

El balance térmico se realiza e investiga en un equilibrio térmico del motor bajo condiciones determinadas de su trabajo. Para obtener la imágen llena de distribución del calor en motor, esos -

balances se determinan en condiciones diferentes del trabajo (desde carga pequeña hasta plena). Hay dos métodos de determinación del balance térmico exterior:

1. por mediciones exactas de varios parámetros durante el trabajo de motor,
2. por el cálculo de los valores aproximados en base a la teoría de transferencia de calor.

6.2. BALANCE TERMICO INTERIOR.

El balance térmico interior se determina directamente en el cilindro del motor y se basa en el diagrama del indicador hecho muy exactamente. Ese tipo del balance da la posibilidad de conocer mucho - mejor el trabajo del motor y la influencia de varios parámetros sobre su funcionamiento. Pero el balance térmico interior es mucho - más costoso, por la necesidad de disponer de equipo de medición especial que es muy caro. La ecuación general del balance térmico interior es:

$$Q_1 = Qe + Qm + Qr + Qes \quad [kJ/s] \text{ o } [Btu/s]$$

Q_1,- calor total inducido al motor.

Qe,- calor efectivo transformado en trabajo mecánico.

Qm,- calor perdido por el movimiento del émbolo (pérdidas de fricción.)

Qr,- calor perdido por refrigeración del motor (solo sus cilindros).

Qes,-calor perdido en gases de escape.

En forma semejante al punto anterior se puede obtener la ecuación-porcentual de distribución de calor que es:

$$100\% = q_e + q_m + q_r + q_{es} \quad [\%]$$

En este caso se debe decir que los componentes Qr y Qes tienen otro significado que los mismos de la ecuación semejante en balance térmico exterior. En el balance térmico interior Qr contiene pérdidas de refrigeración solamente por las paredes del cilindro y no de todo el motor; y Qes contiene también las pérdidas de la combustión-incompleta o no total y no solo de gases de escape, (porque se le - mide en la salida de los gases de escape, pero en el cilindro y no en el motor).

7. DETERMINACION DE PARAMETROS DEL TRABAJO DEL MOTOR.

En el cap. 3 fueron descritos parámetros técnicos básicos del motor

pero hay también otros parámetros que se determinan por pruebas e investigaciones del motor.

7.1. MEDICION DE PRESIONES.

Los diagramas que caracterizan el curso real de los cambios de presiones en el cilindro se hacen con ayuda de un aparato llamado indicador.

Constitución y el principio de funcionamiento de un indicador mecánico se muestra en la fig. 22, pero actualmente y con frecuencia - para obtener los diagramas del indicador se les fotografía de las- imágenes del osciloscopio que se encuentran como los componentes - de los aparatos universales electrónicos llamados diagnosticadores.

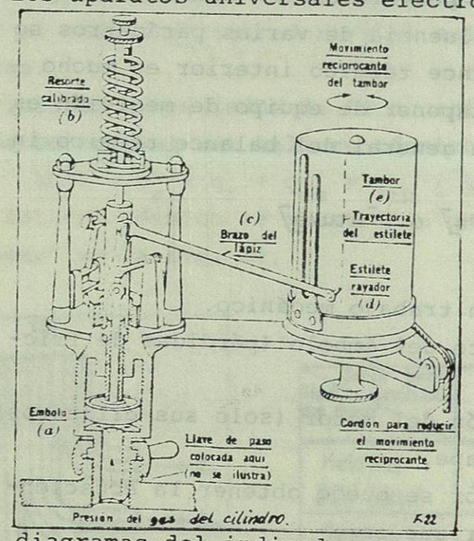


Fig. 22.
El principio de funcionamiento de un indicador mecánico para tomar los diagramas de los motores llamados diagramas del indicador.

Los diagramas del indicador pueden ser cerrados (como en las fig.12.. 15) o abiertas (fig.23) en los que se distinguen los simples y los - múltiples.

Los diagramas abiertos simples sirven para determinación de parámetros de presión en todos los tiempos en un ciclo del motor. Los diagramas múltiples del indicador se utilizan para evaluación de la dispersión de los resultados en una cantidad de ciclos del mismo motor. Los diagramas más utilizados son los cerrados que dan la posibilidad de comparación con los ideales o calculados. Con su ayuda se calcula facilmente la presión media efectiva indicada pi (imep) :

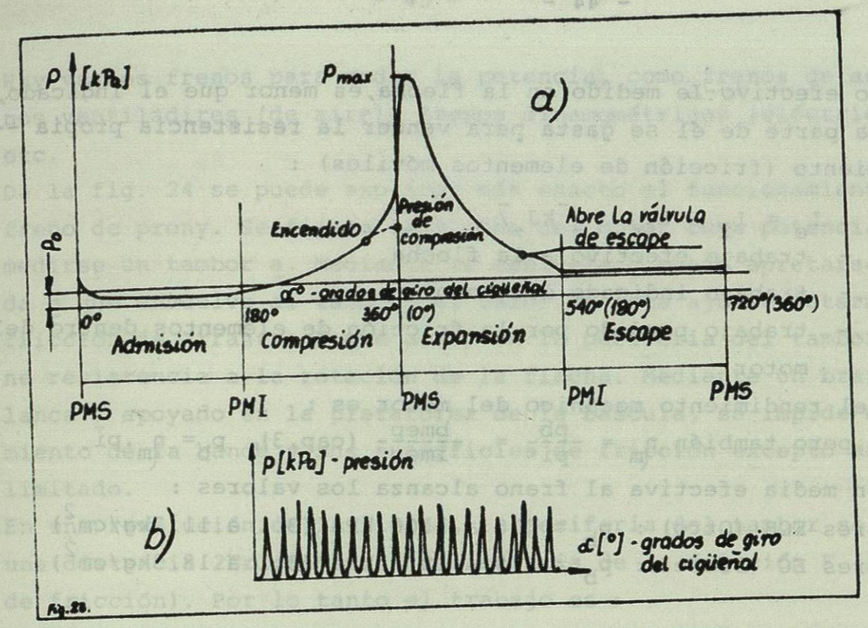


Fig. 23. Ejemplos de diagramas del indicador abierto, de tipo simple (a) y de tipo múltiple (b).

$p_i = -\frac{Fc}{lc} \times k$ ⌊kPa⌋, 1kPa = 0.145 lb/pul^2 donde,

Fc ⌊mm^2⌋ el área de trabajo en un ciclo tomado directamente del diagrama cerrado del- indicador.

l_c ⌊mm⌋ longitud del diagrama (o de una carrera) tomada directamente del mismo diagrama - del indicador.

k ⌊kPa/mm⌋, escala de presión en el diagrama mencionado.

El trabajo indicado hecho en un cilindro es:

$L_{il} = pi \cdot A \cdot L = pi \cdot \frac{\Pi \cdot d^2}{4} \cdot L = pi \cdot D$ ⌊kJ⌋, 1kJm=10^3 Nm.

pi ⌊kPa⌋,- presión media efectiva indicada

A ⌊m^2⌋,- área de la cara del émbolo

d ⌊m⌋,- diámetro del émbolo (o de su cara).

L ⌊m⌋,- longitud de la carrera en el motor

D ⌊m^3⌋,- desplazamiento total del émbolo (volumen de carrera).

El trabajo indicado total del motor es:

$L_i = p_i \cdot D_t$ ⌊kJ⌋

$D_t = n \cdot D$ ⌊m^3⌋,- capacidad cúbica total del motor

n ⌊-⌋, - número de los cilindros en el motor

El trabajo efectivo-Ie medido en la flecha,es menor que el indicado, porque una parte de él se gasta para vencer la resistencia propia -- del movimiento (fricción de elementos móviles) :

$$L_e = L_i - L_{fr} \quad [kJ]$$

Le [kJ],- trabajo efectivo a la flecha.
Li [kJ],- trabajo indicado del motor.
L_{fr} [kJ],- trabajo perdido por la fricción de elementos dentro del motor.

Entonces el rendimiento mecánico del motor es :

$\eta_m = \frac{Le}{Li}$ pero también $\eta_m = \frac{pb}{pi} = \frac{bmep}{imep}$ (cap.3), $p_b = \eta_m \cdot pi$.

La presión media efectiva al freno alcanza los valores :
para motores ECH (Otto) : p_b = 300 a 1100 kPa (3.1 a 11.2kg/cm^2)
para motores EC (Diesel): p_b = 300 a 1800 kPa (3.1 a 18.3kg/cm^2)

7.2. MEDICION DE POTENCIA.

La medición de la potencia (trabajo realizado en la unidad de tiempo), es de importancia básica al determinar la capacidad de producción de un motor. A los aparatos empleados en mediciones de potencia se les - nombra "frenos", los cuales el más común es el freno de prony que se muestra en la fig.24.

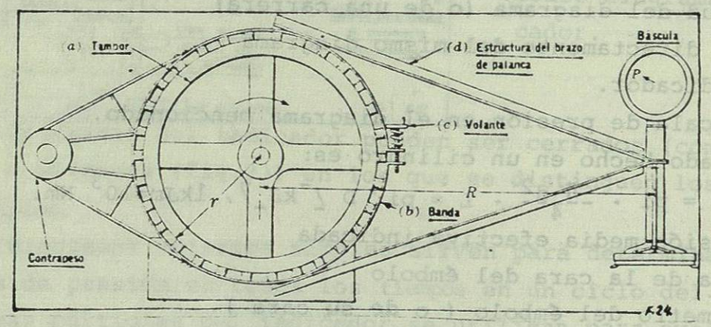


Fig. 24. Freno de prony y su funcionamiento.

Hay varios frenos para medir la potencia, como frenos de agua, frenos ventiladires (de aire), frenos dinamométricos (eléctricos), -- etc.

De la fig. 24 se puede explicar más exacto el funcionamiento del - freno de prony. Se fija a la flecha del motor cuya potencia debe - medirse un tambor a. Mediante la manivela c puede apretarse la banda b que envuelve al tambor; el valor de este ajuste determina la- fricción de arrastre F que actúa en la periferia del tambor y opone resistencia a la rotación de la flecha. Mediante un brazo de palanca d apoyado en la plataforma de la báscula, se impide el movimiento de la banda y sus superficies de fricción excepto en un arco limitado.

En una revolución de la flecha, la periferia del tambor se mueve a una distancia 2Πr contra la resistencia de la fricción F (fuerza - de fricción). Por lo tanto el trabajo es :

$$Le = 2\Pi f \cdot F$$

El momento externo del freno, que es el producto de la lectura P de la báscula y el brazo R, deberá equivaler al momento de giro que es r·F, pues :

$$r \times F = P \times R,$$ y el trabajo $Le = 2\Pi P R$.

Al producto PR se le llama par de torsión T (es un momento de torsión o de giro), y es una medida de la habilidad de un motor (o una máquina) para realizar trabajo, en tanto que la potencia es una medida de la razón a la cual se puede efectuar este trabajo. La potencia se define como la capacidad para realizar trabajo con respecto- al tiempo.

Hay tres unidades para significar la potencia en los motores de combustión interna:

1. el caballo métrico (caballo de fuerza métrico) :
   CF_m = 75 kgm/s = 4500 kgm/min.
2. el caballo de fuerza (inglés) :
   CF = hp (HP) = 550 pie-lb/s = 3300 pie-lb/min. = 4561.5 kgm/min = 1.014 CFm.
3. el kilowatt, que deberá funcionar en el futuro como única unidad de potencia (según decisiones de International Standarts Organisation-ISO) :