



Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno,
Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Kontrola a měření strojních zařízení

Téma: **Měření výkonu motorů**

Autor: Ing. Smolek Jan

Číslo: VY_32_INOVACE_24-16

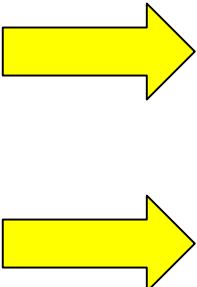
Anotace: Prezentace slouží jako podpora k výkladu o podstatě a
způsobech zjišťování výkonu motorů v technické praxi.
DUM je určen především pro čtvrté ročníky všech oborů
středních průmyslových škol strojnických.
Materiál byl vytvořen v prosinci 2013.

Osnova:

- **Vlivy na výkon pístového spalovacího motoru**
- **Druhy zkoušek motorů**
- **Příklady zkušebního zařízení**
 - **brzdy**
 - **dynamometry**
 - **indikátory tlaku**
- **Příklady charakteristiky motoru**

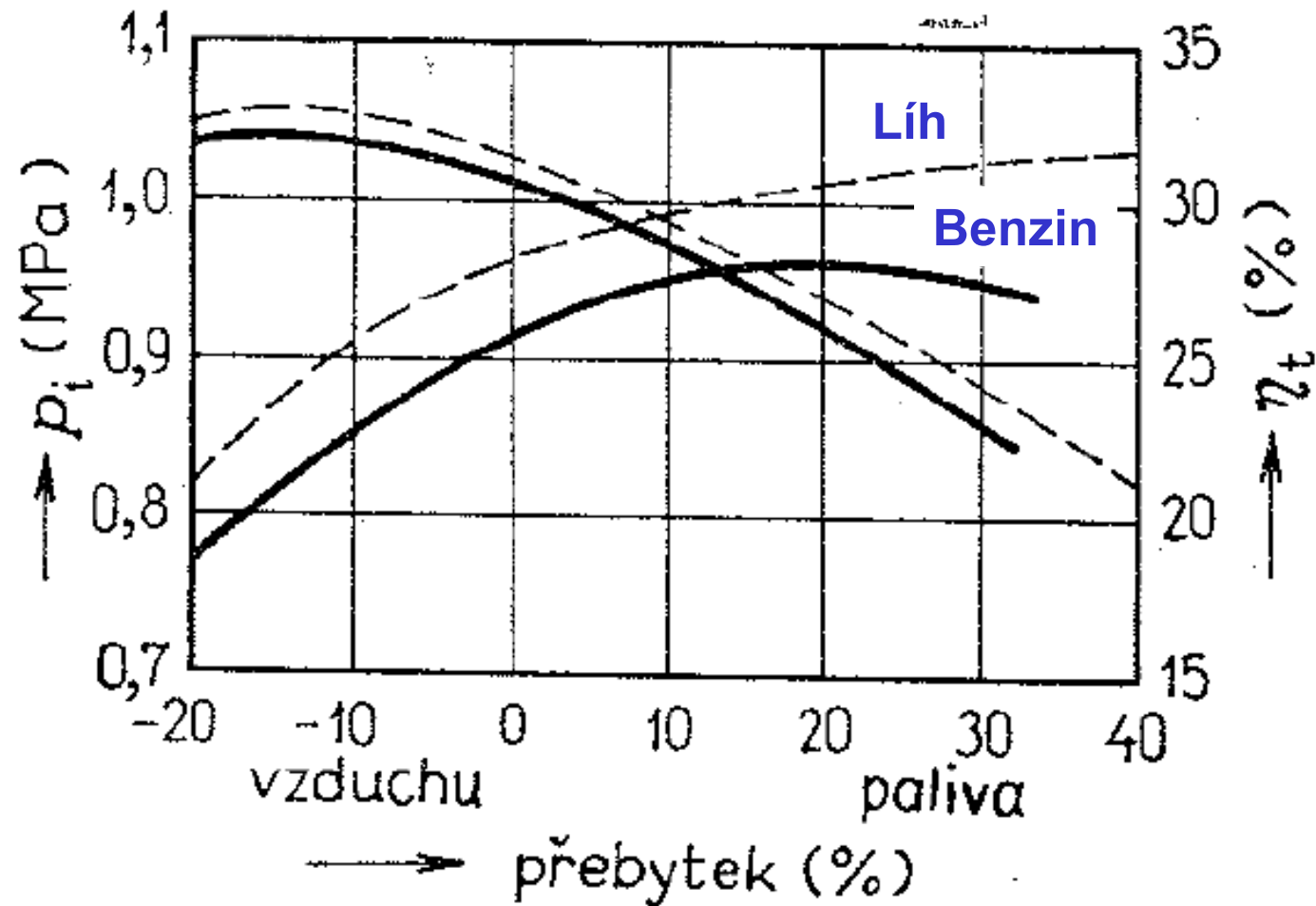
Vlivy na výkon motoru:

- Výkon motoru závisí na množství energie z paliva, které se v motoru přemění na mechanickou práci.
- **!!! nezávisí na výhřevnosti paliva, ale na výhřevnosti směsi.**
(tzv. stechiometrická směs = kyslíku je právě na úplné shoření paliva)

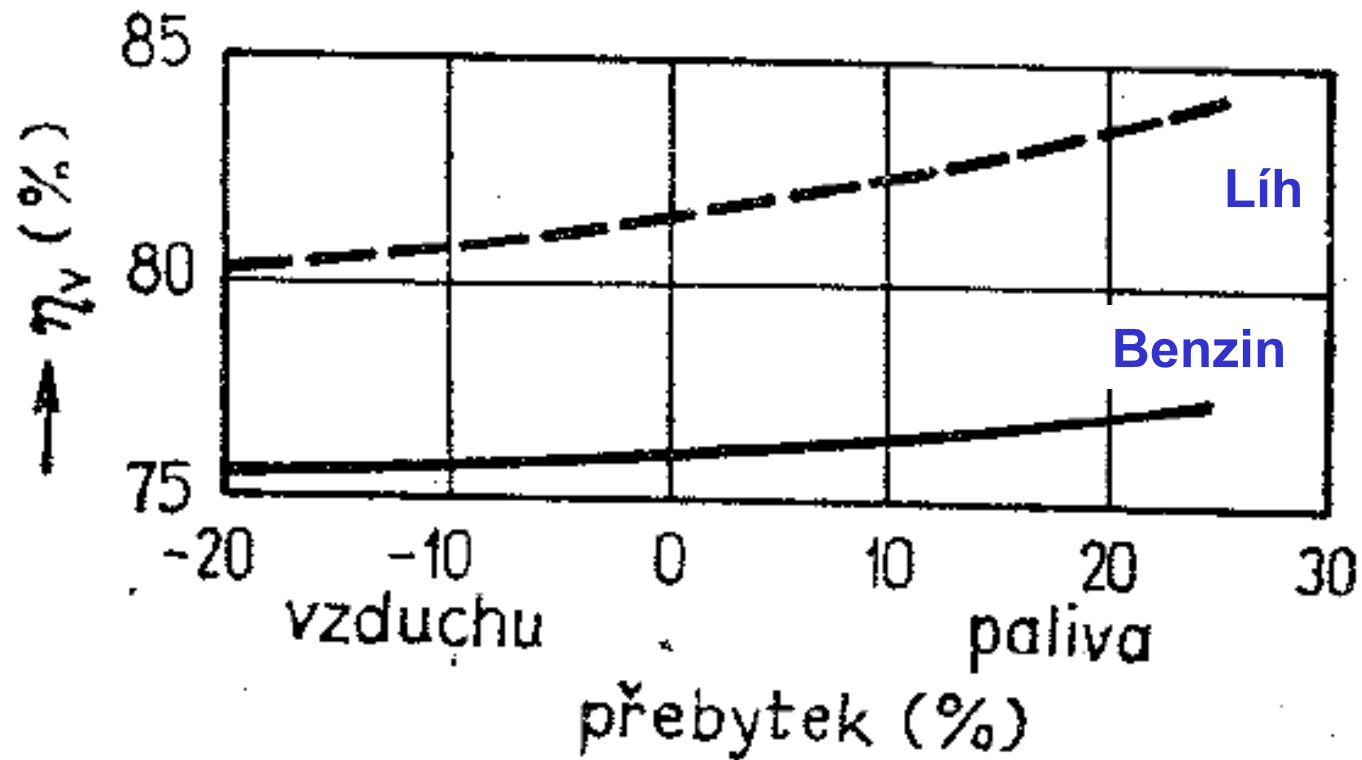


Palivo	Výhřevnost (MJ/kg)	Vnitřní výparné teplo (MJ/kg)	Hmotnostní směšovací poměr se vzduchem	Uvolněná energie t_n, p_n (J/dm ³)	Max. p_1 při ϵ max. (MPa)
Benzín	44,6	0,309	15,05	4 010	0,992
Petrolej	44,5	0,256	15,00	4 070	0,883
Heptan	45,2	0,309	15,10	4 030	0,900
Benzol	40,6	0,400	13,2	3 940	1,118
Ethylalkohol (98,5 %)	27,5	0,857	8,9	3 920	1,186
Methylalkohol	23,3	1,160	6,5	3 980	1,103

Závislost středního indikovaného tlaku p_i a tepelné účinnosti η_t na směšovacím poměru:



Zvýšení plnicí účinnosti lihové směsi
způsobené větším výparným teplem lihu:



Efektivní výkon motoru:

$$P_e = \frac{V \cdot p_e \cdot n}{120} \quad (\text{kW}) \quad \text{pro motor čtyřdobý,}$$

$$P_e = \frac{V \cdot p_e \cdot n}{60} \quad (\text{kW}) \quad \text{pro motor dvoudobý,}$$

kde P_e je efektivní výkon motoru (kW),
 V – celkový objem motoru (dm³),
 p_e – střední efektivní tlak (MPa),
 n – otáčky motoru (1/min).

Rozbor vzorce pro měrný výkon motoru:

$$P_{e,1} = \frac{p_e \cdot n}{120} \quad (\text{kW}) \quad \text{pro motor čtyřdobý,}$$

$$P_{e,1} = \frac{p_e \cdot n}{60} \quad (\text{kW}) \quad \text{pro motor dvoudobý.}$$

Indikovaný výkon

efektivní výkon $P_e = P_i \cdot \eta_m$ mechanická účinnost

- Indikovaný výkon - z indikátorového diagramu
- Efektivní výkon - bržděním motoru
- Mechanická účinnost
 - poháněním teplého motoru
 - metodou vypínání válců
 - zhruba ze spotřeby nezatíženého motoru

Tepelná účinnost motoru:

- cca 1/3 užitečný výkon
- cca 1/3 chlazení a sálání
- cca 1/3 výfuk

$$\eta_t = \frac{Q_p - Q_o}{Q_p} = 1 - \frac{Q_o}{Q_p}$$

Q_o - teplo odvedené
chlazením, výfukem atp.

Q_p - teplo
přivedené v palivu

pozn.: využít tepla z výfukových plynů je možné jejich další expanzí v turbíně (turbodmychadlo) nebo v ejektoru pro odsávání chladicího vzduchu.

Kompresní poměr

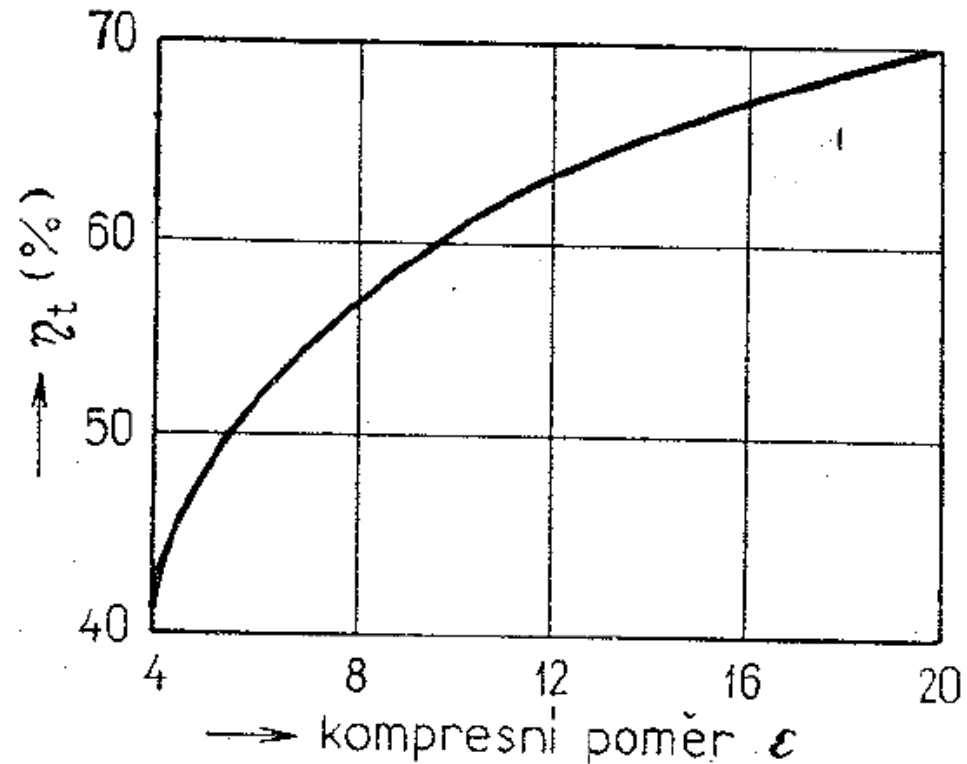
(změna objemu v horní a dolní úvrati)

$$\varepsilon = \frac{V_z + V_k}{V_k}$$

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^{k-1}$$

- k ... poměr měrných tepel při konstantním tlaku a objemu (cca 1,4)

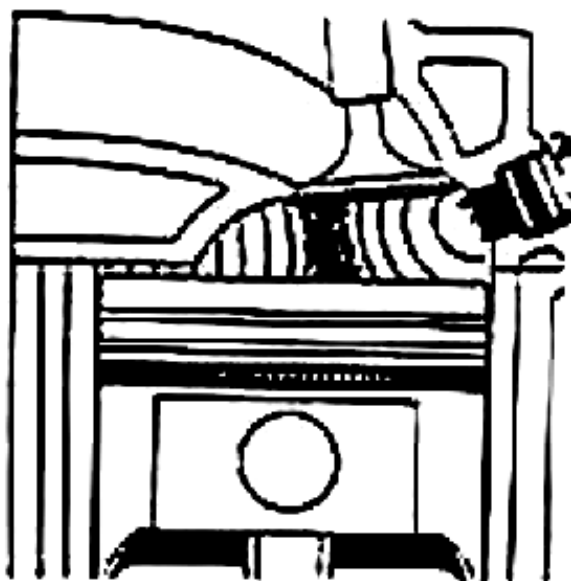
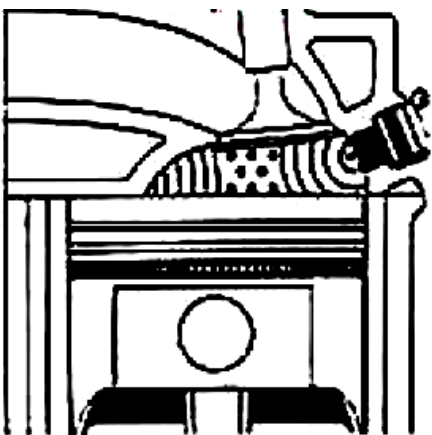
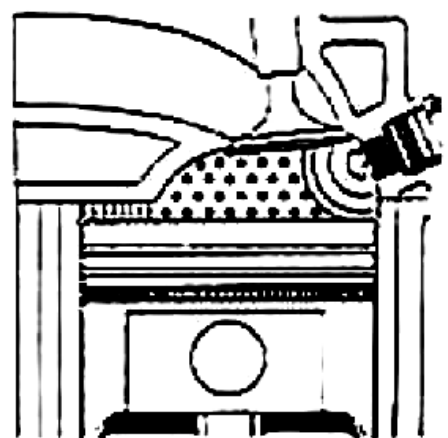
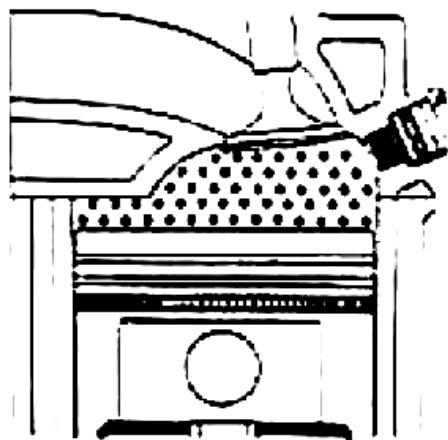
Závislost tepelné účinnosti η_t na kompresním poměru ϵ (Ricardo):

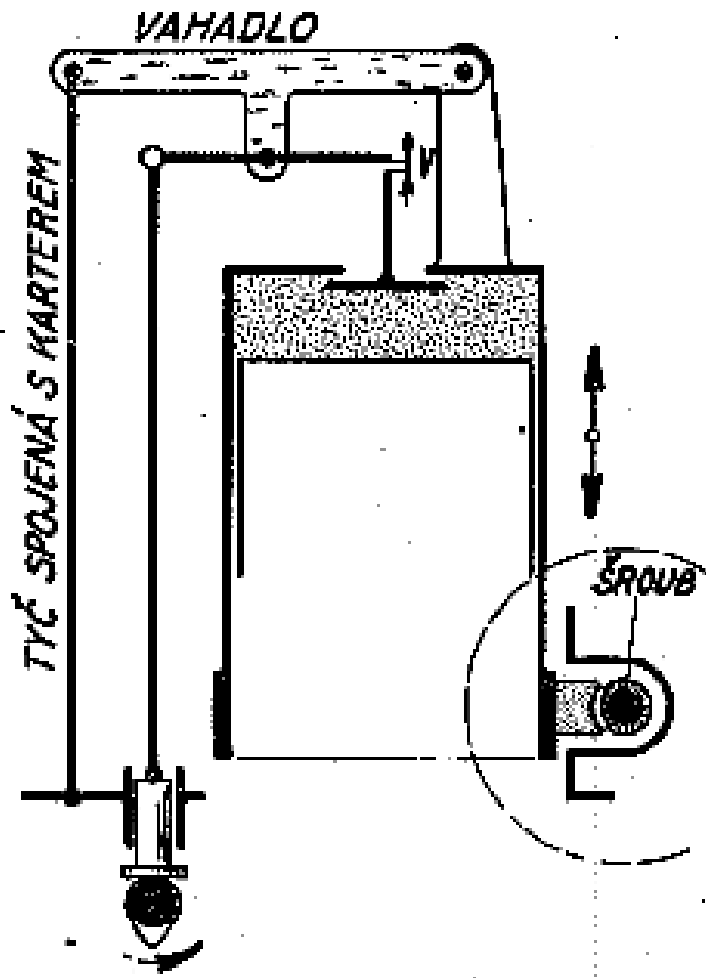


- Při vysokých ϵ se ale zvyšuje max. tlak na píst =>
 - zhoršení mech účinnosti
 - omezení detonacemi

Detonace:

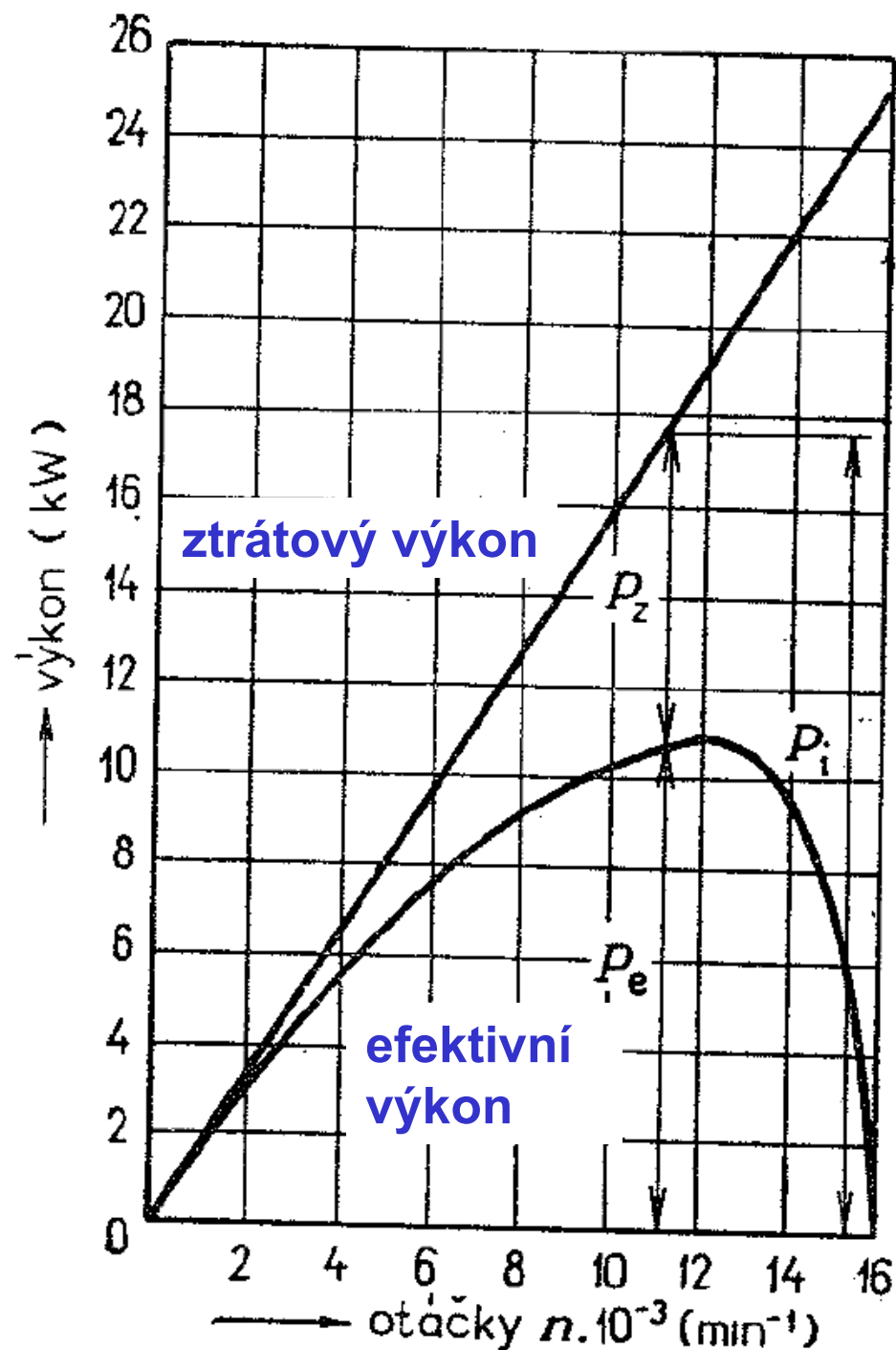
- Se zvyšující se teplotou a tlakem se zvyšuje i rychlost hoření (bez víření by hoření probíhalo v kulových plochách se středem v jiskřišti).
- Dosáhne-li při určité dráze plamene tlak a teplota dosud nespálené náplně kritické hodnoty, vznítí se zbytek náplně okamžitě a shoří detonačně.
- Vznik detonací závisí na poměru zvyšování teploty a tlaku k času.





Oktanová hodnota paliva:

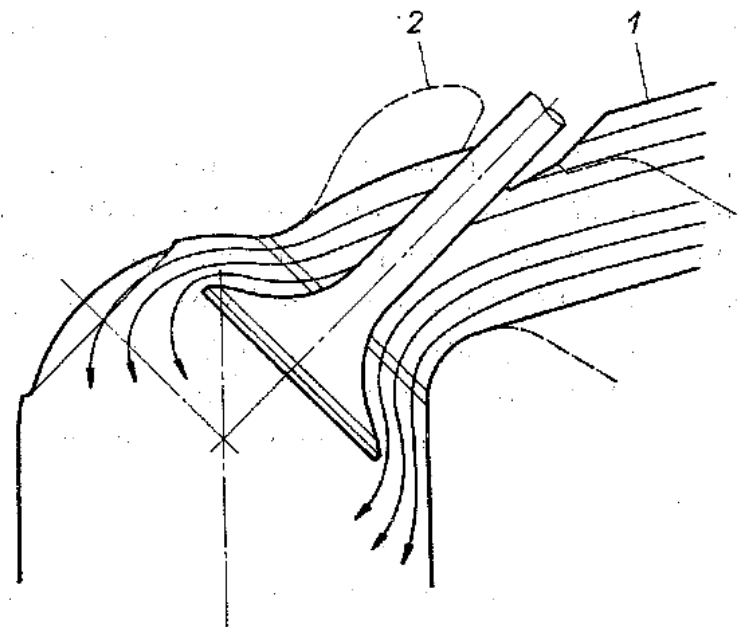
- Oktanové číslo – objemové % isooktanu v heptanu směsi, která začne detonovat při stejných podmínkách jako zkoušené palivo.
- Zkouší se na zkušebních jednoválcích CFR.
- potlačení detonací
 - přivřením škrticí klapky (horší plnění – menší komprese)
 - zvýšením otáček (podřazení)
 - snížení předzápalu
 - obohacení směsi



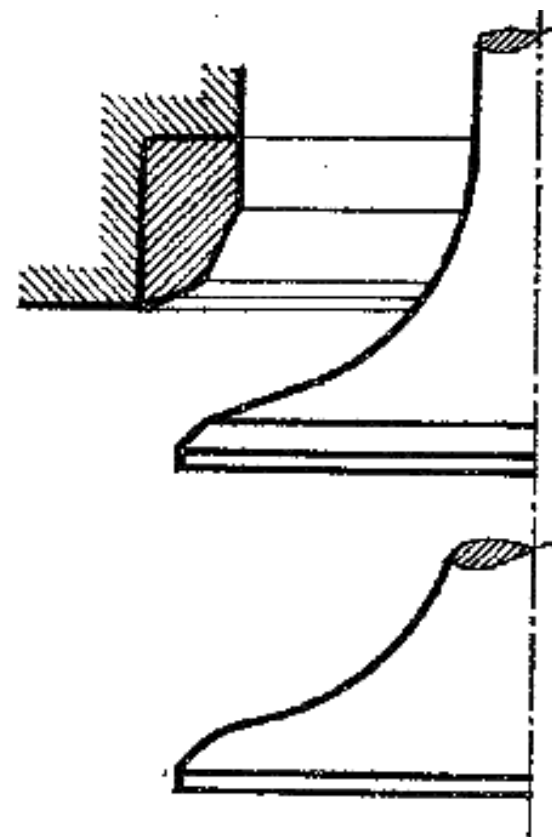
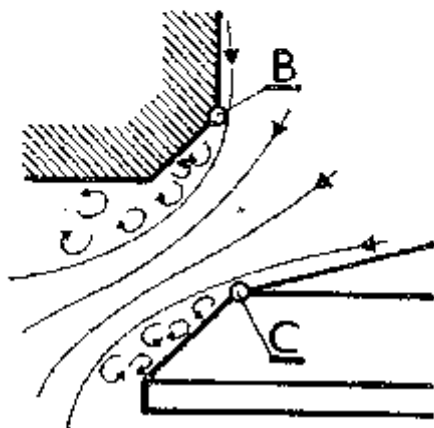
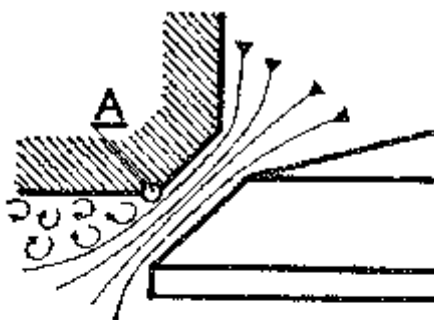
Mechanická účinnost:

- + tření a víření oleje a vzduchu v motoru.
- + hydraulické ztráty při plnění motoru.
- + pohon příslušenství.

indikovaný výkon



Hydraulické ztráty při plnění motoru.



Typ motoru	R 11 — 52	R 22 — 52
Počet válců	1	2
Objem válců (cm ³)	123,5	247
Vrtání (mm)	54	54
Zdvih (mm)	54	54
Maximální výkon (kW)	10,65	22
při otáčkách (1/min)	11 000	10 000
Kompresní poměr	10	9,5
Materiál válce	litina	alfin
Karburátor — průměr hrdla (mm)	26	26
Rozvod	2 × OHC	2 × OHC

Podíl ztrát u motocyklového motoru NSU R 11-52 při 10000 min⁻¹ a teplotě klikové skříně 100°C:

Ztráty vyplachováním (pumpovní)	15,8 %
Pístní kroužky 1 až 4	13,2 %
Píst	36,7 %
Ojniční ložisko (valivé)	6,6 %
Ovládání ventilů	4,6 %
Ztráty v pohonu vačkového hřídele	6,6 %
Pohon magneta	4,0 %
Olejová čerpadla	3,3 %
Hlavní ložiska a víření	9,2 %

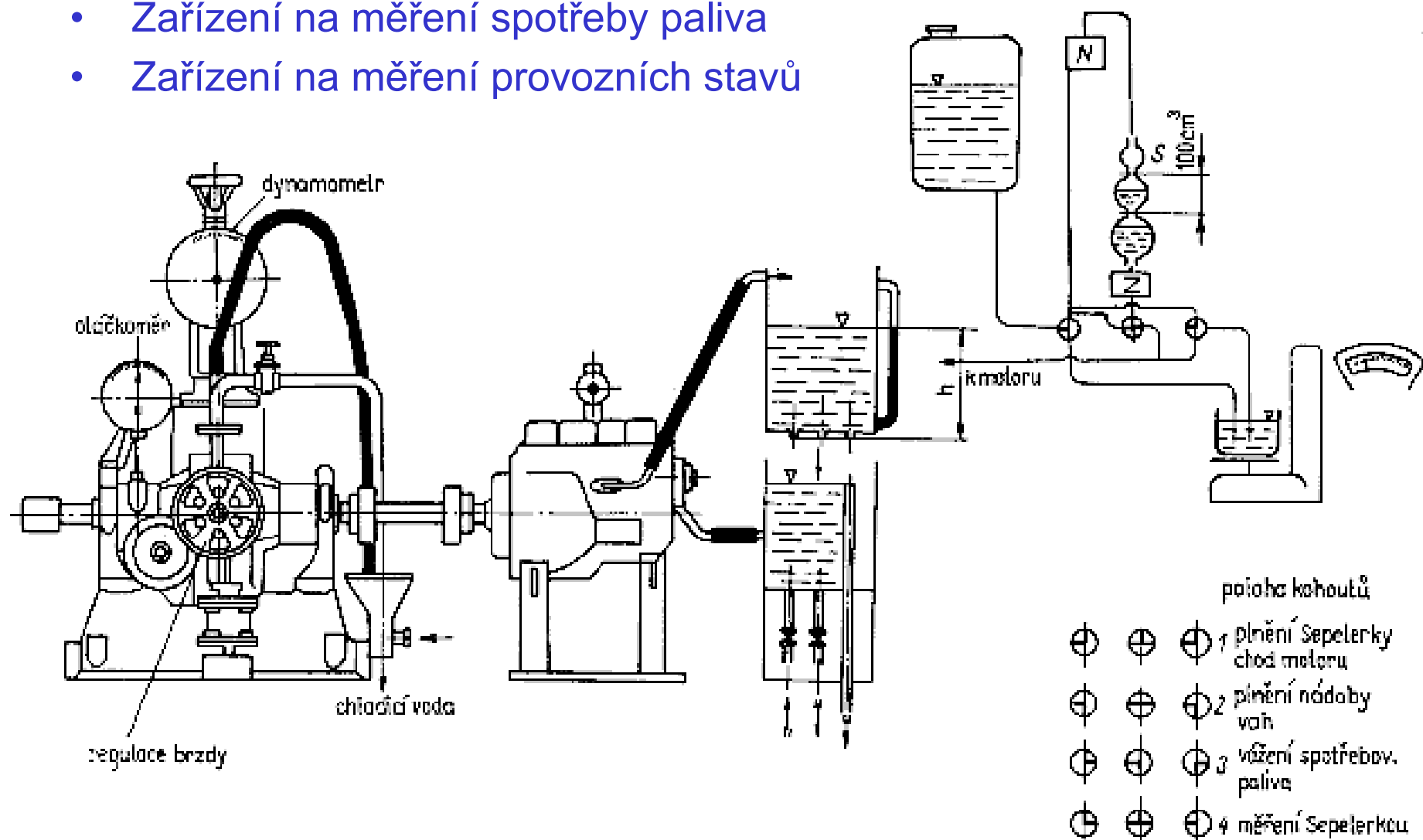
(postupnou demontáží a protáčením)

Druhy zkoušek motorů:

- **Zkoušky sériové**
 - záběh motoru a jeho seřízení
 - ověření parametrů (výkonových, ekonomických atp., hluk, vibrace, ..)
- **Zkoušky vývojové a výzkumné**
 - spal. prostor, vstřikování
 - pístové a válcové skupiny
 - chlazení a mazání
 - startování a regulace
 - pomocná zařízení
- **Zkoušky provozní**
 - zlepšení životnosti
 - zpřesnění návodu k obsluze a údržbě
 - atp.

Zkušební zařízení:

- Zatěžovací zařízení („brzda“)
- Zařízení na měření spotřeby paliva
- Zařízení na měření provozních stavů

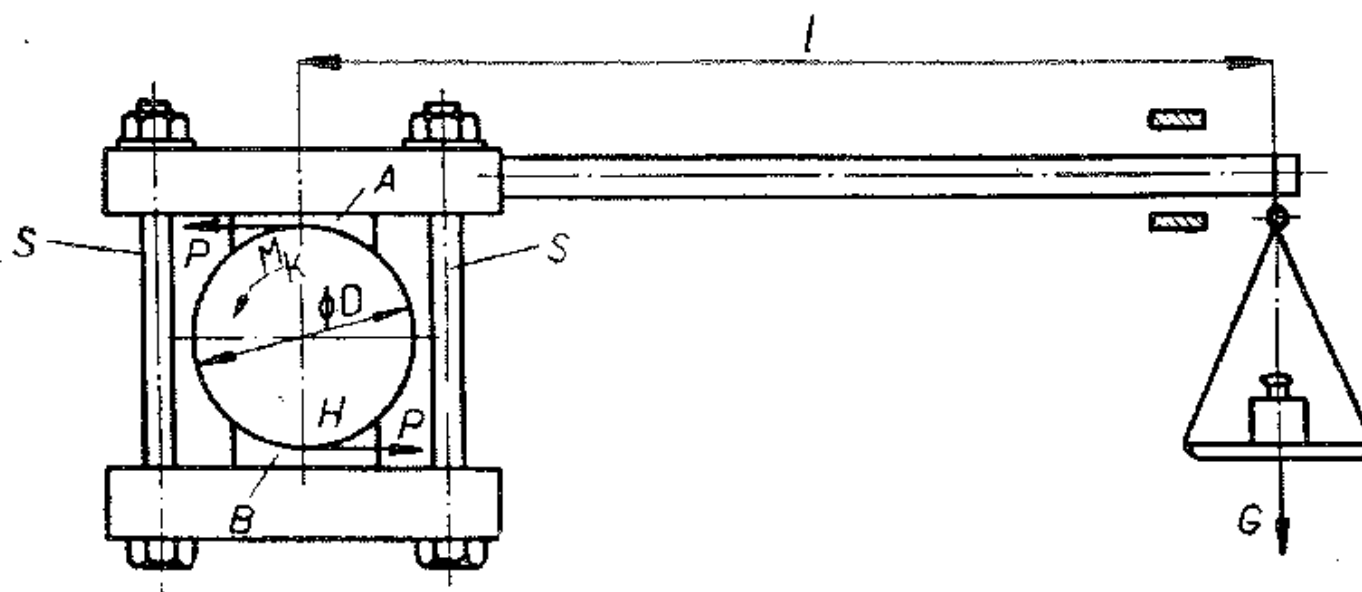
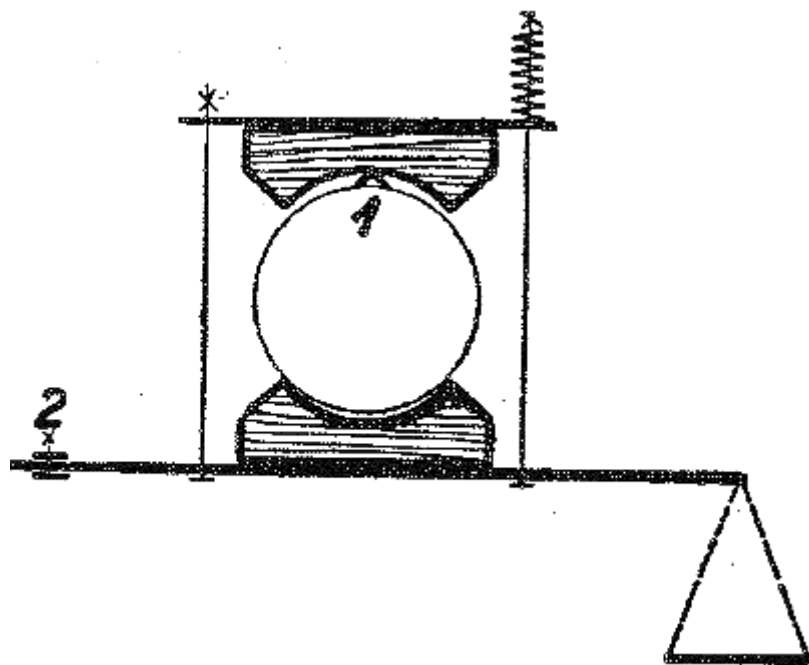


Zatěžovací zařízení:

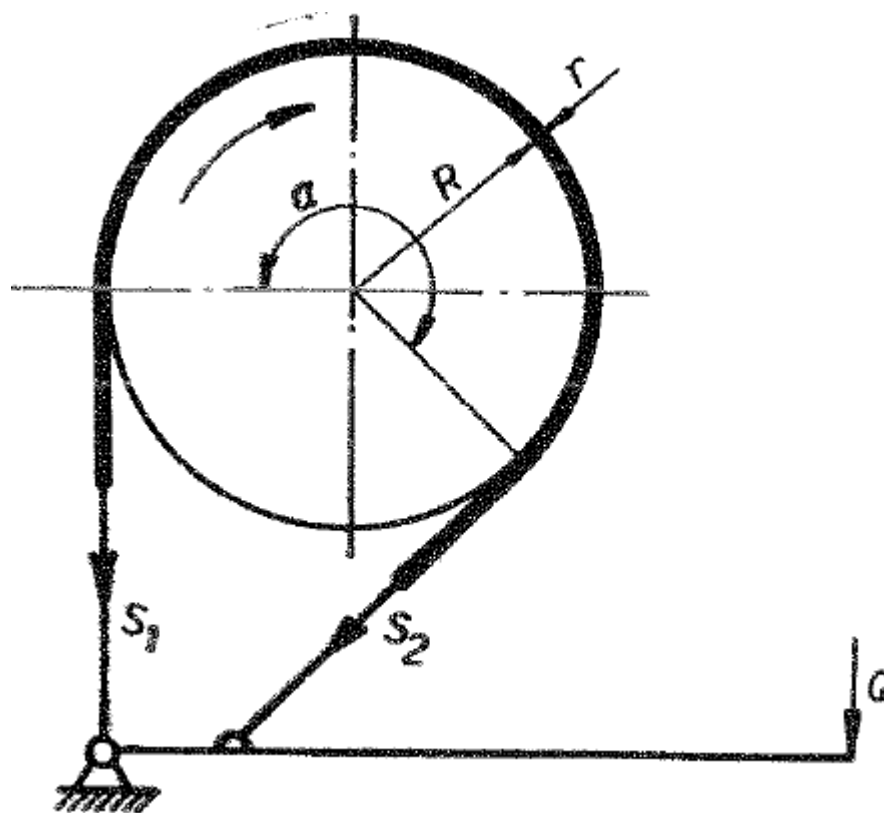
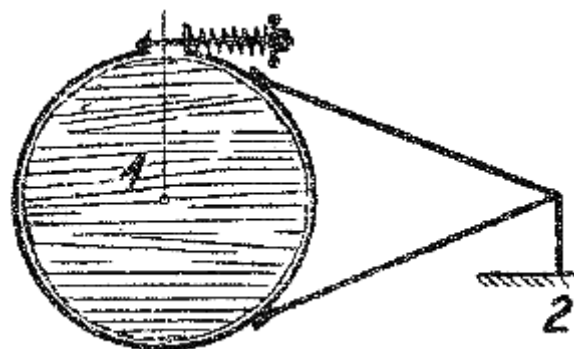
- **Brzdy mechanické**
 - Špalková
 - Pásová
- **Brzdy hydraulické**
- **Brzdy elektrické**
 - dynamové
 - střídavé
 - vířivé
- **Brzdy vzduchové**
- **Dynamometry, torzimetry**

Statory brzd jsou zpravidla výkyvné a opatřeny ramenem, které zachycuje měřený brzdňý moment.

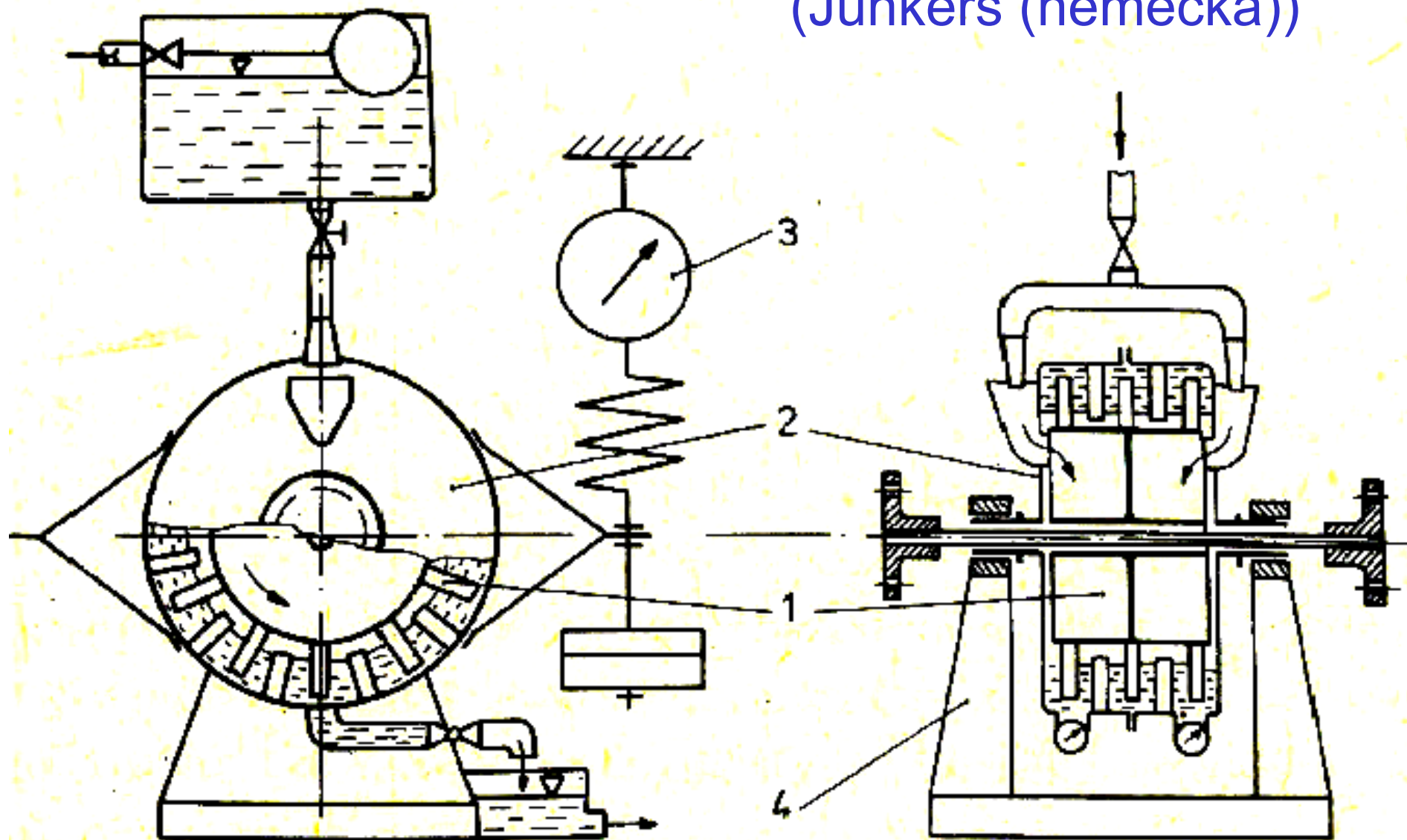
Brzdy špalkové (brzda Pronyho):



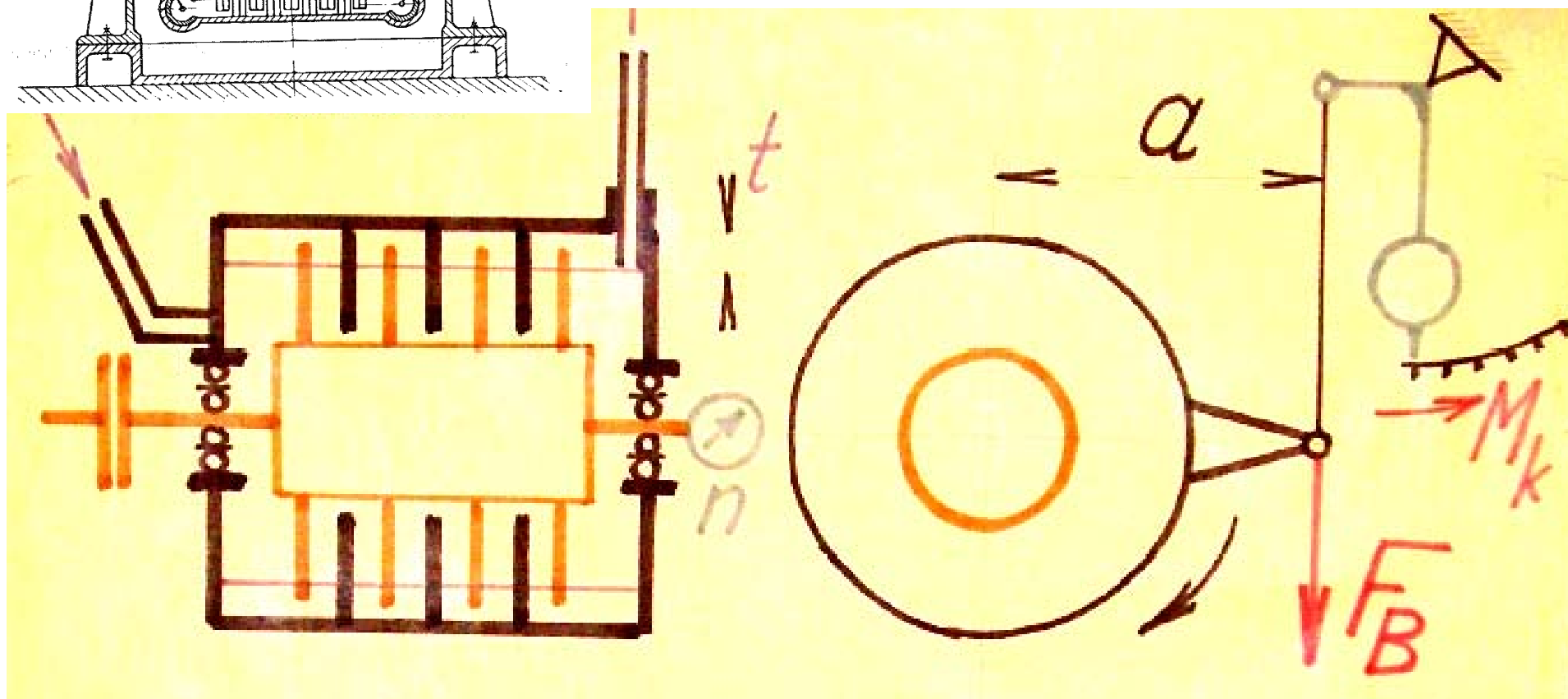
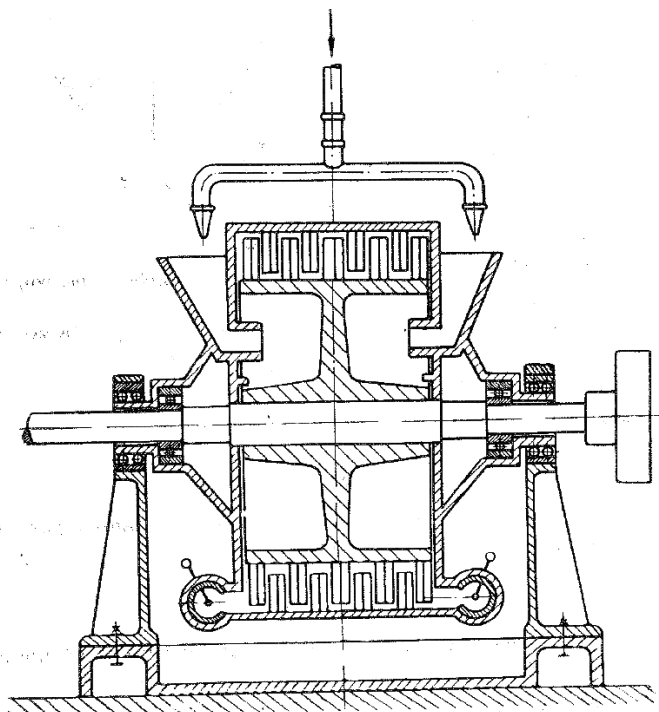
Brzdy pásové:



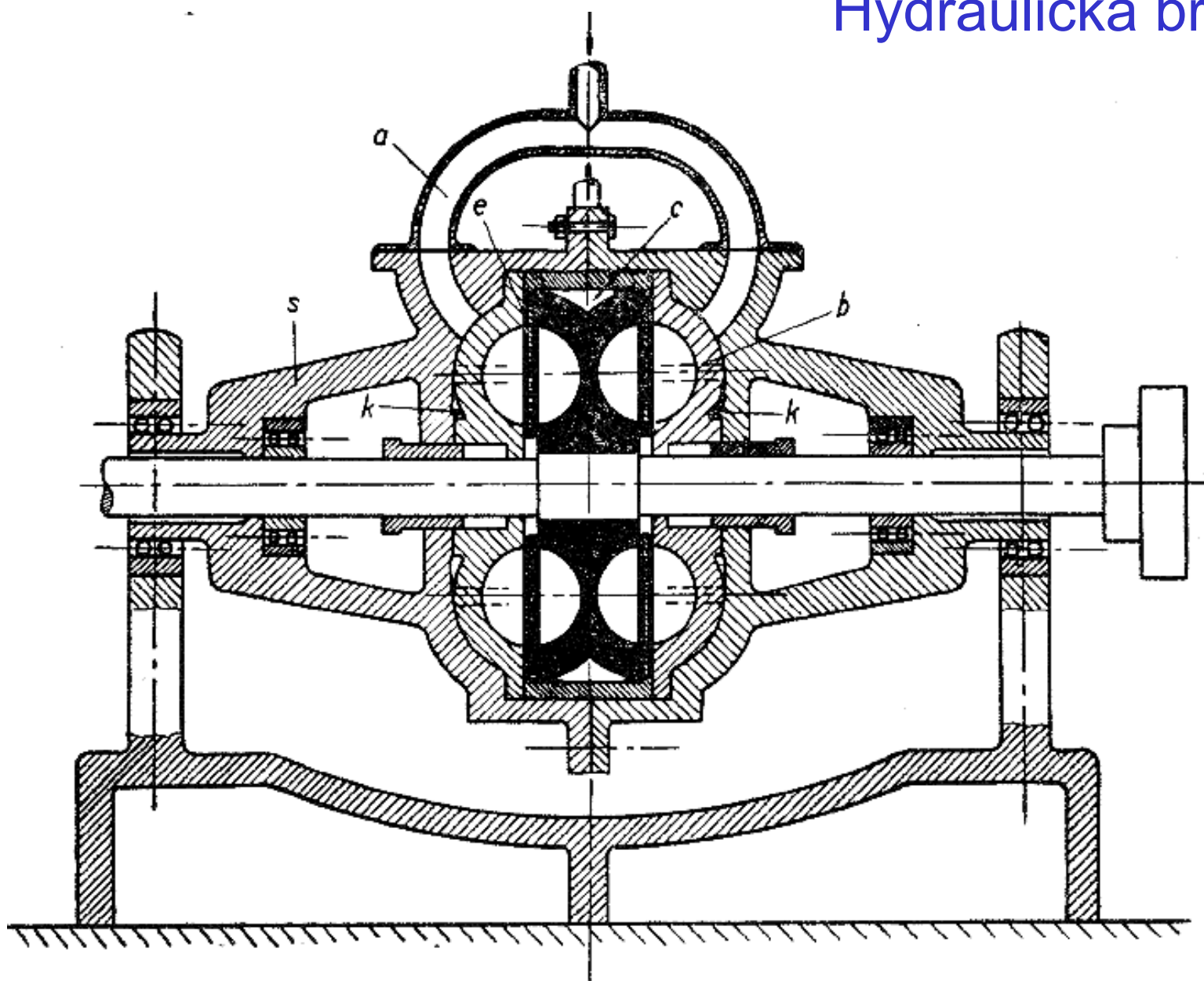
Hydraulická brzda: (Junkers (německá))



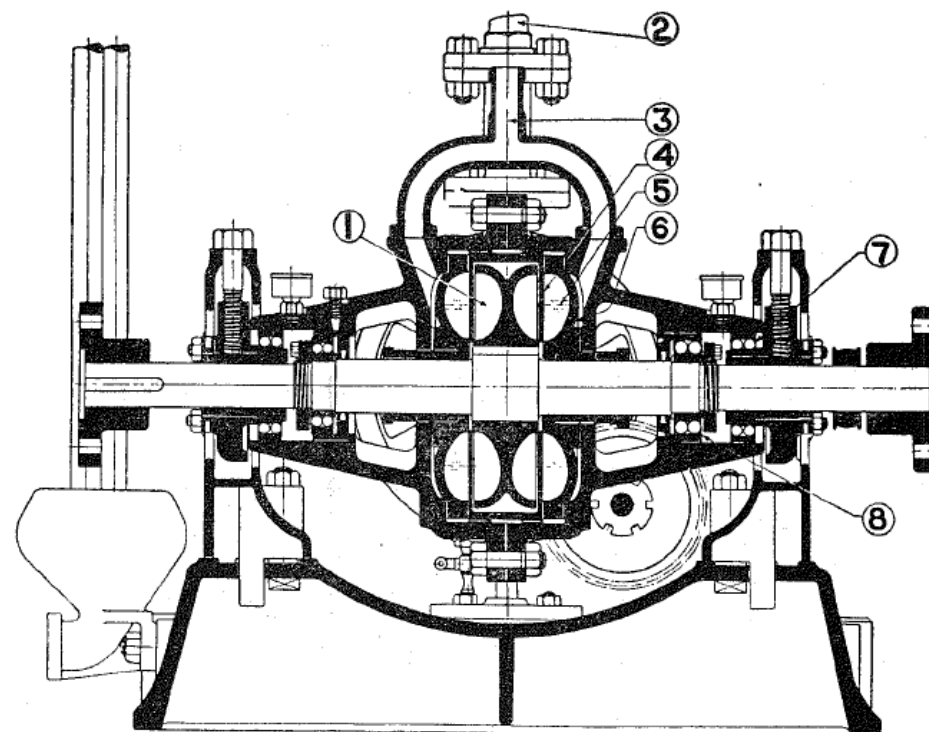
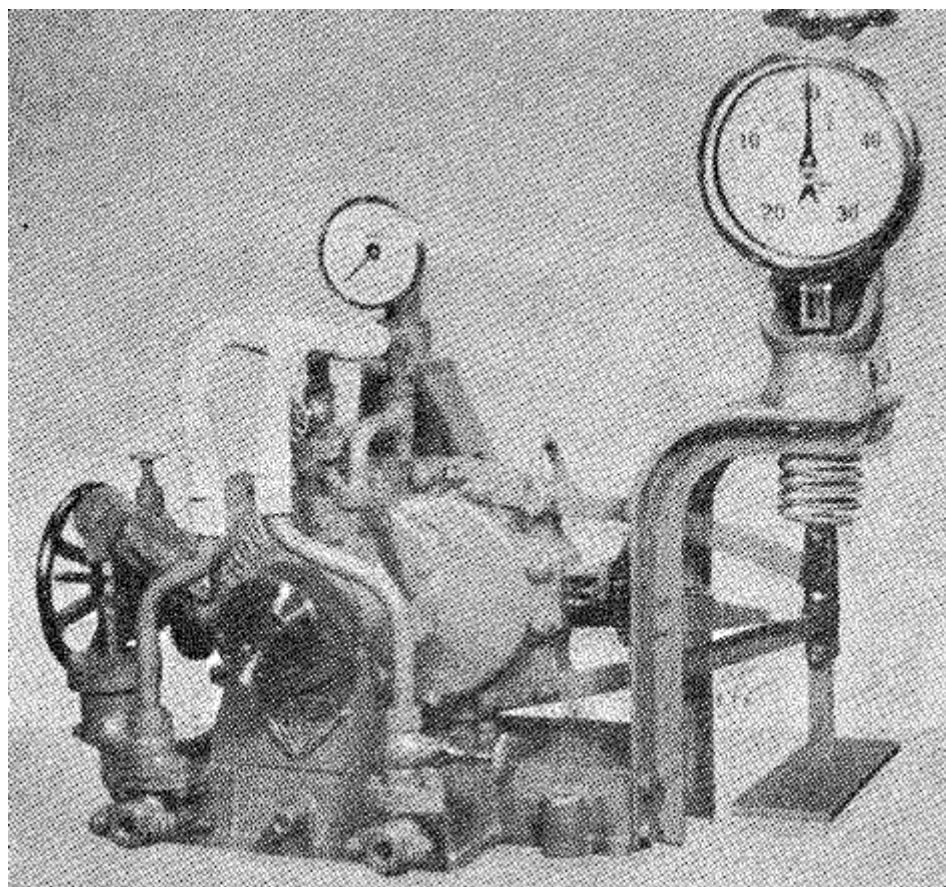
Hydraulická brzda:



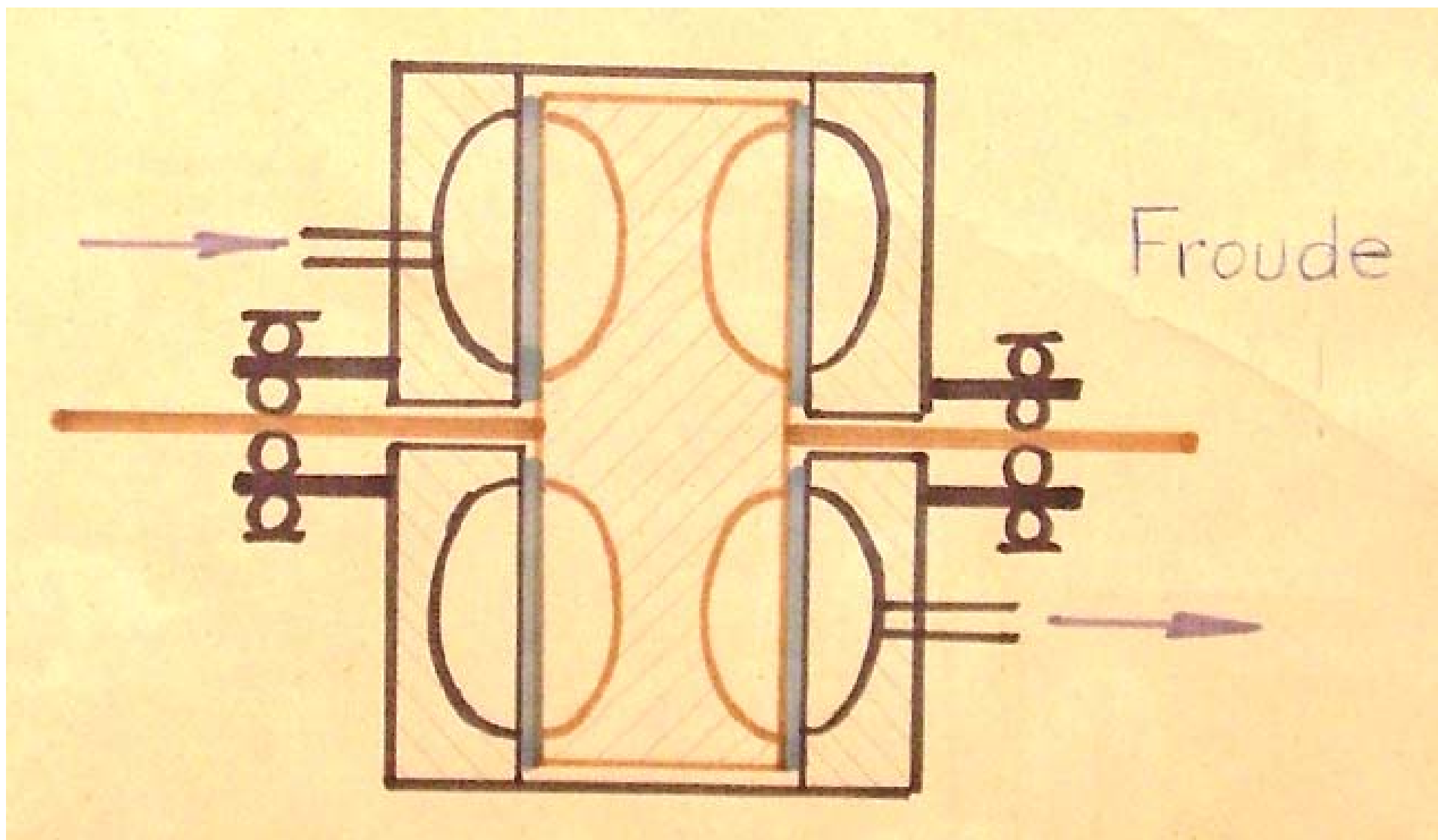
Hydraulická brzda:



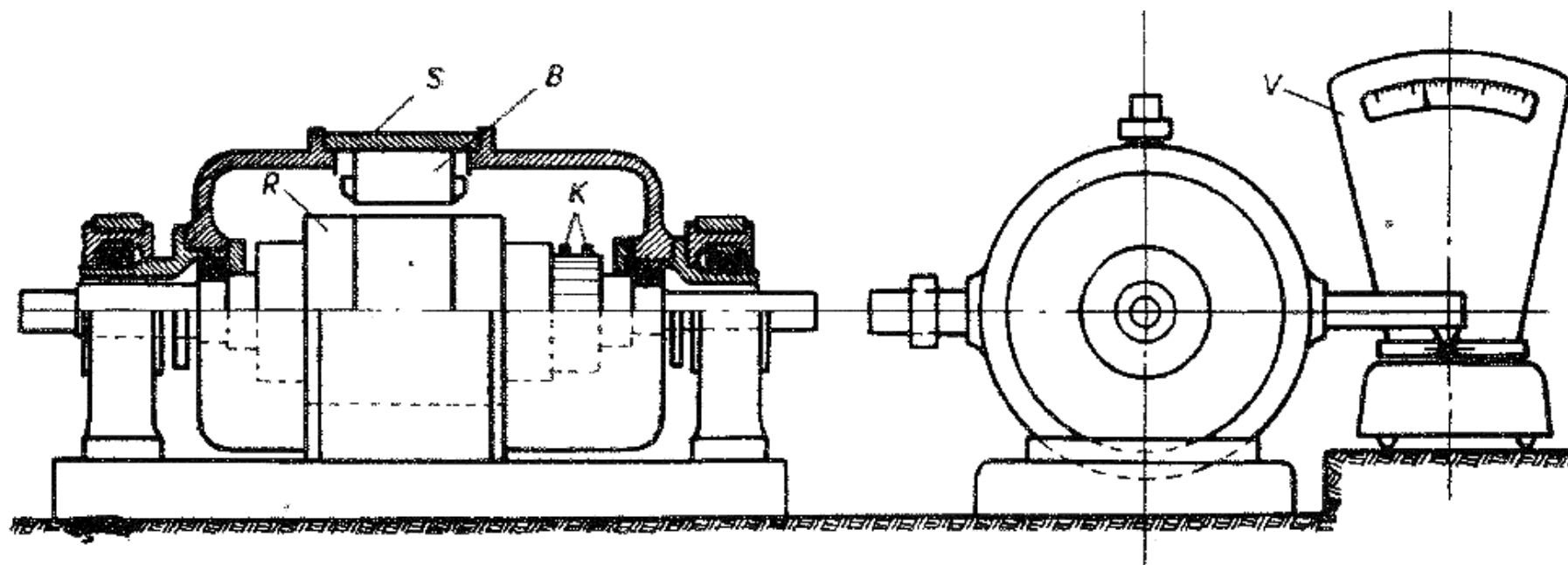
Hydraulická brzda (Heenan & Froude)

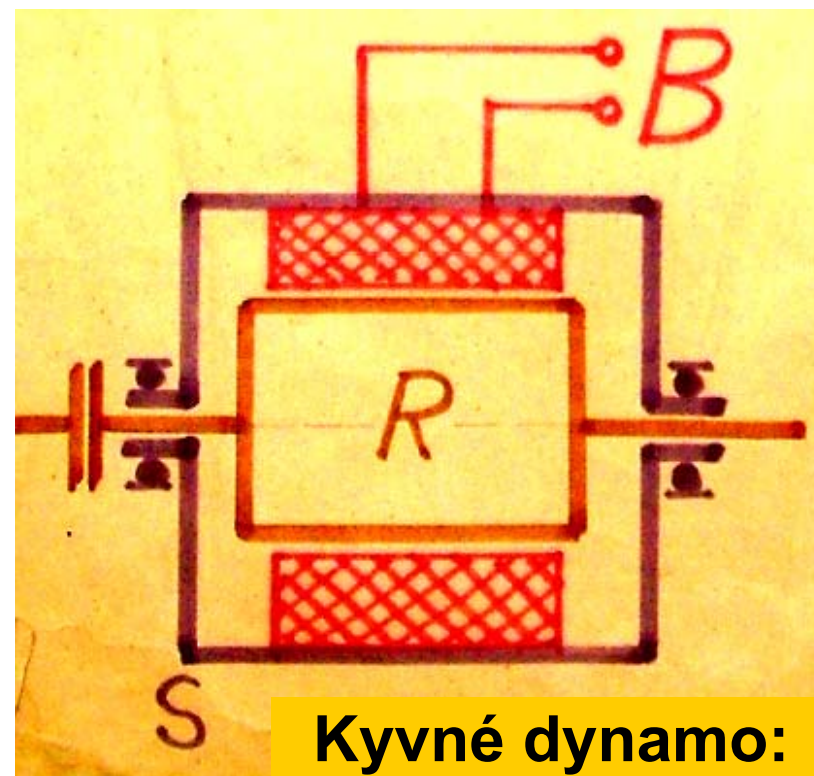
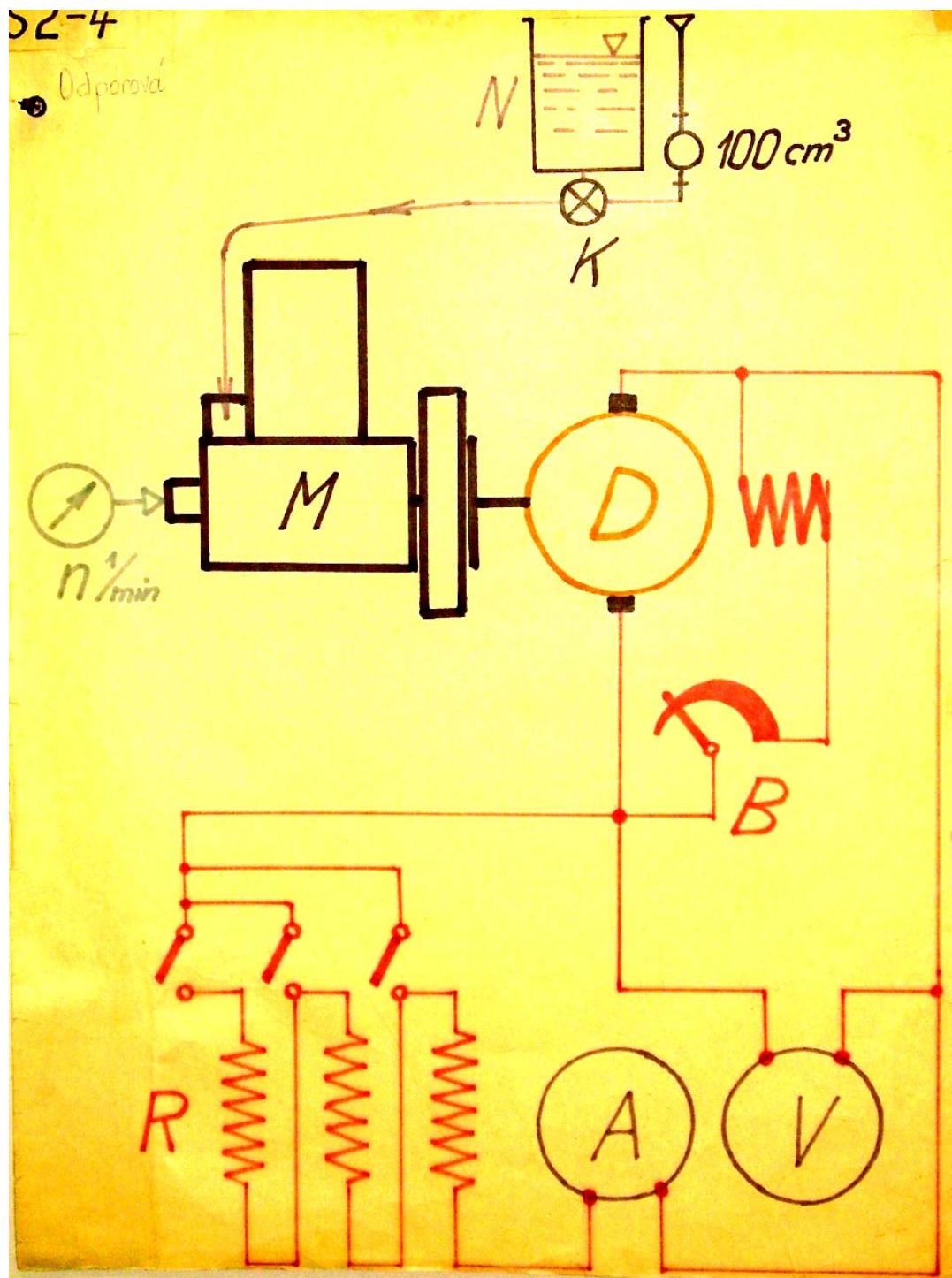


Hydraulická brzda (Froude):



Brzdy elektrické dynamové:

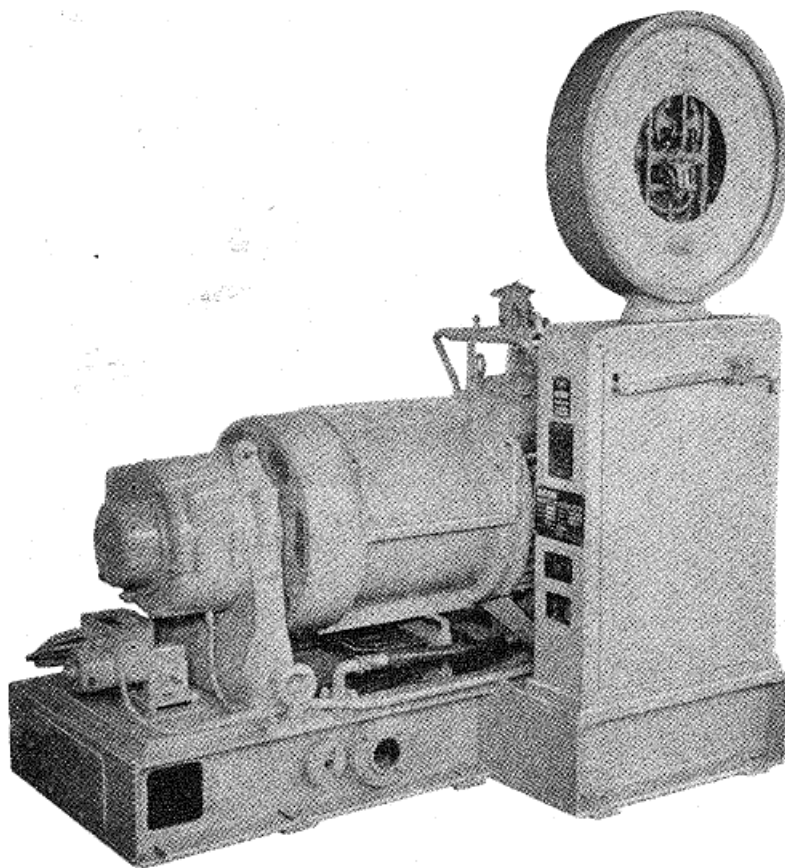




Kyvné dynamo:

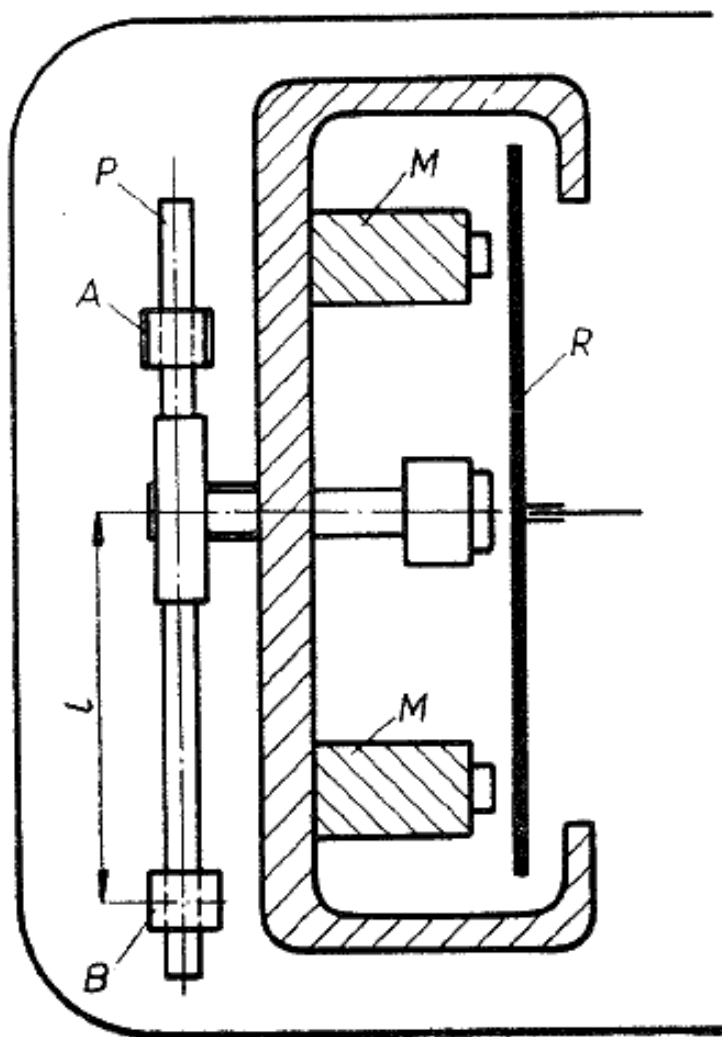
**Energie je měřena v
odporech. Změny zatížení
se dosahuje změnou
buzení a odporu zátěže.**

Brzdy elektrické střídavé.

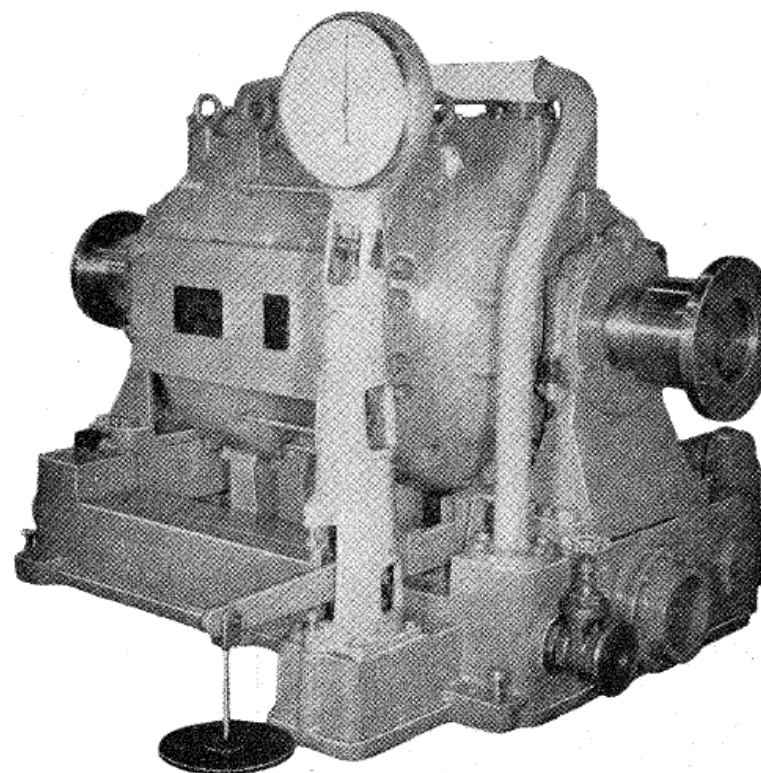


Část vyrobené el. energie vracena do sítě.

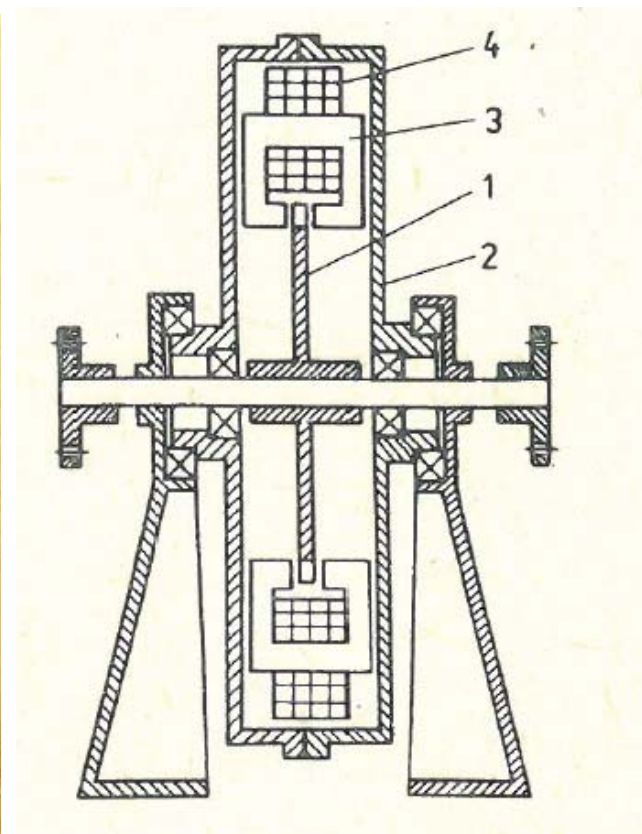
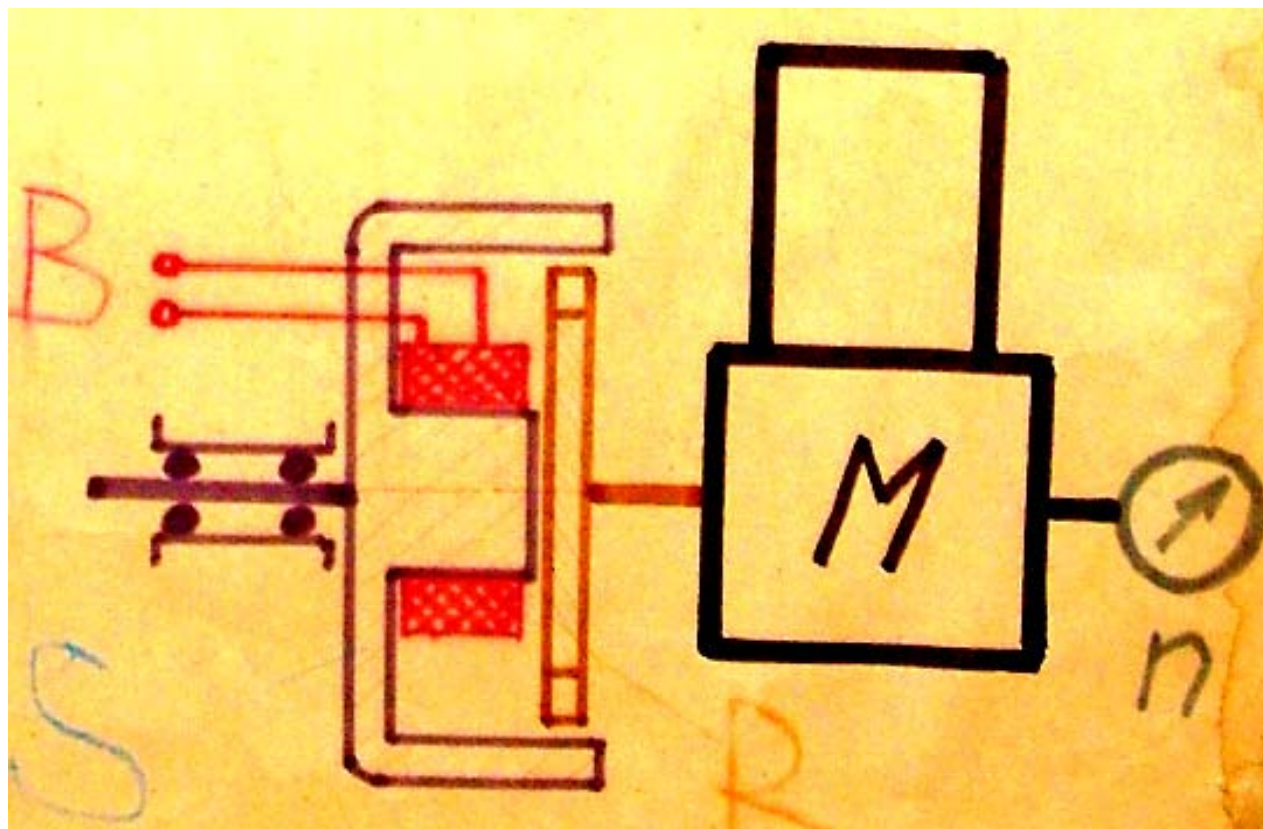
Brzdy elektrické vířivé:



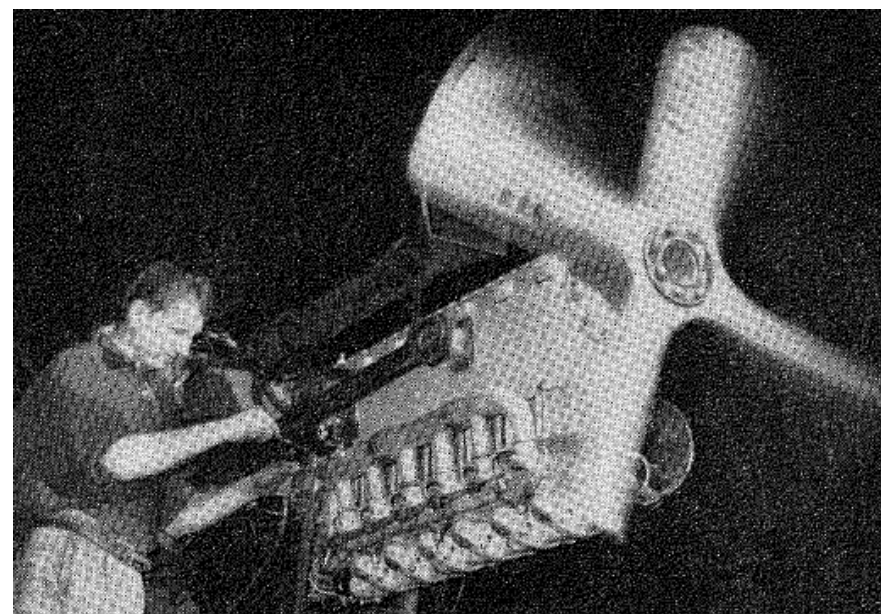
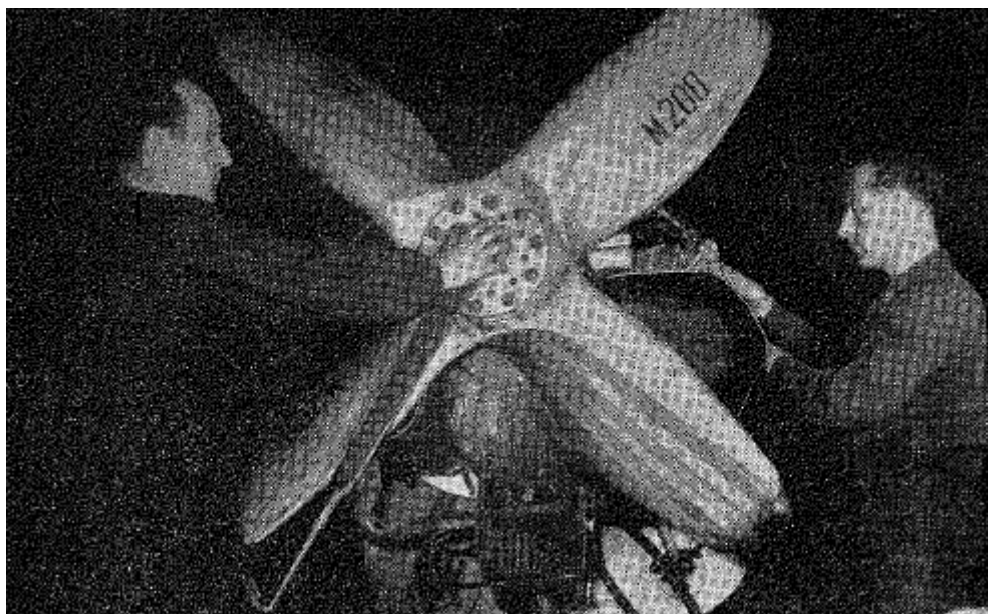
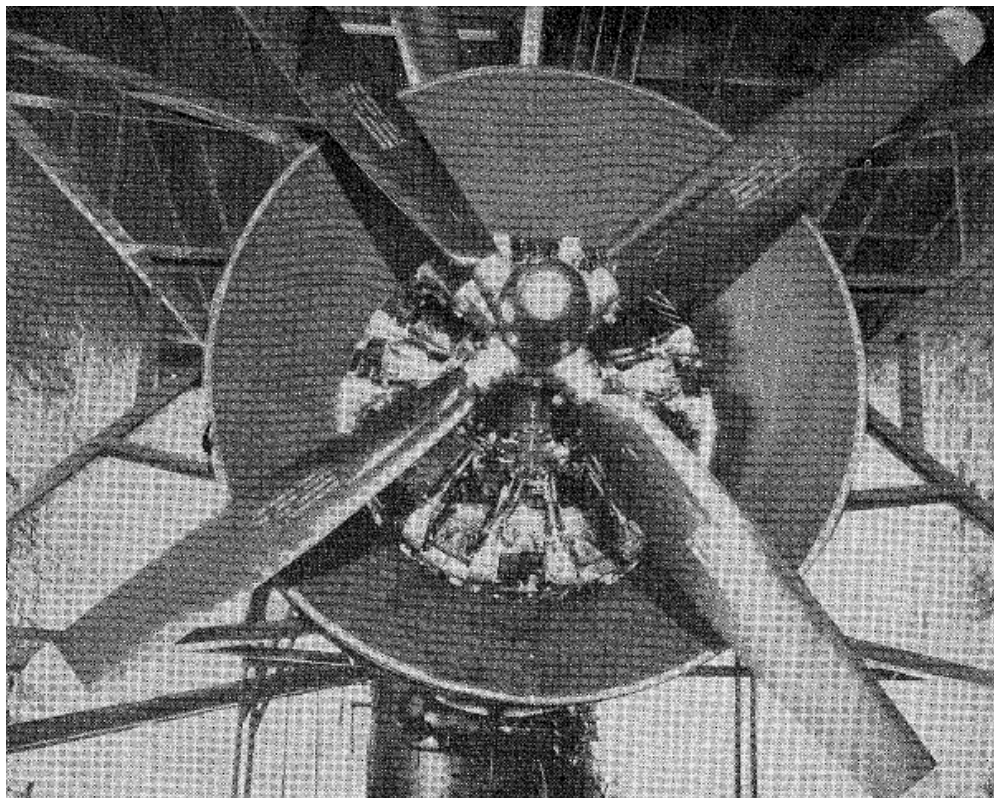
Rotor z ocele s vysokou permeabilitou (konstanta materiálu, která charakterizuje jeho schopnost vytvářet magnetické pole když je zmagnetovaný), který se podobá ozubenému kolu.



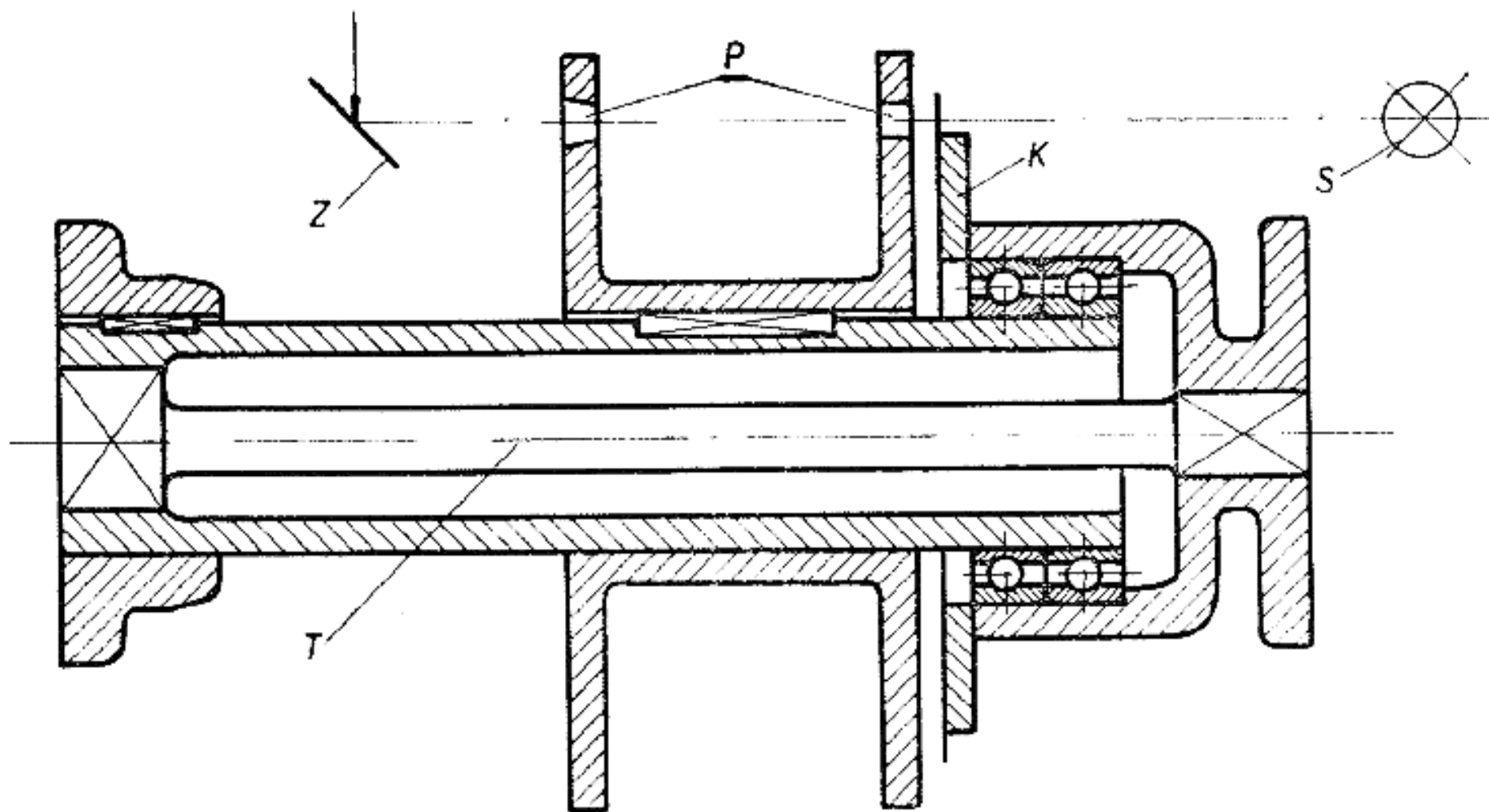
Brzdy elektrické vířivé:



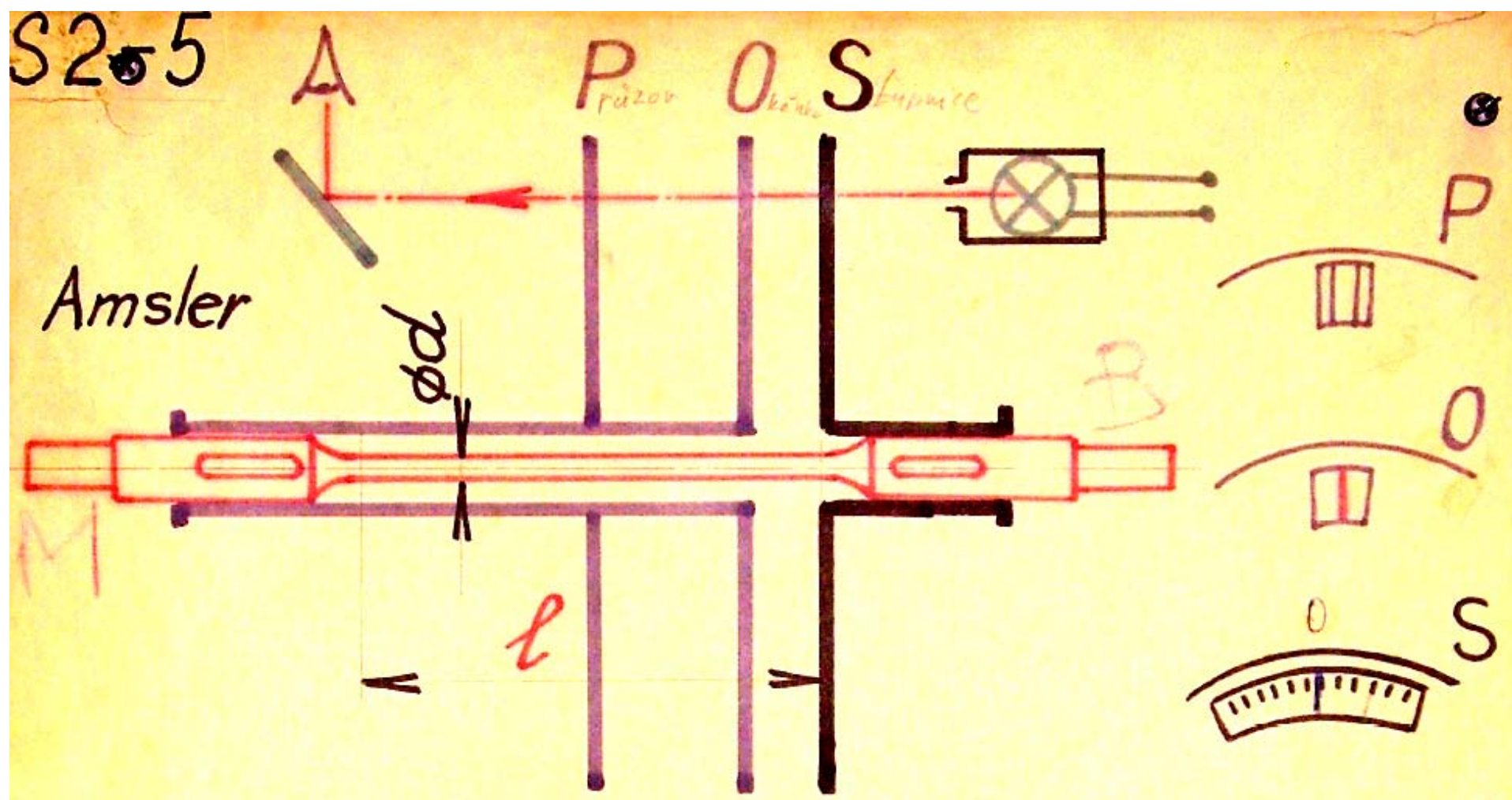
Brzdy vzduchové:



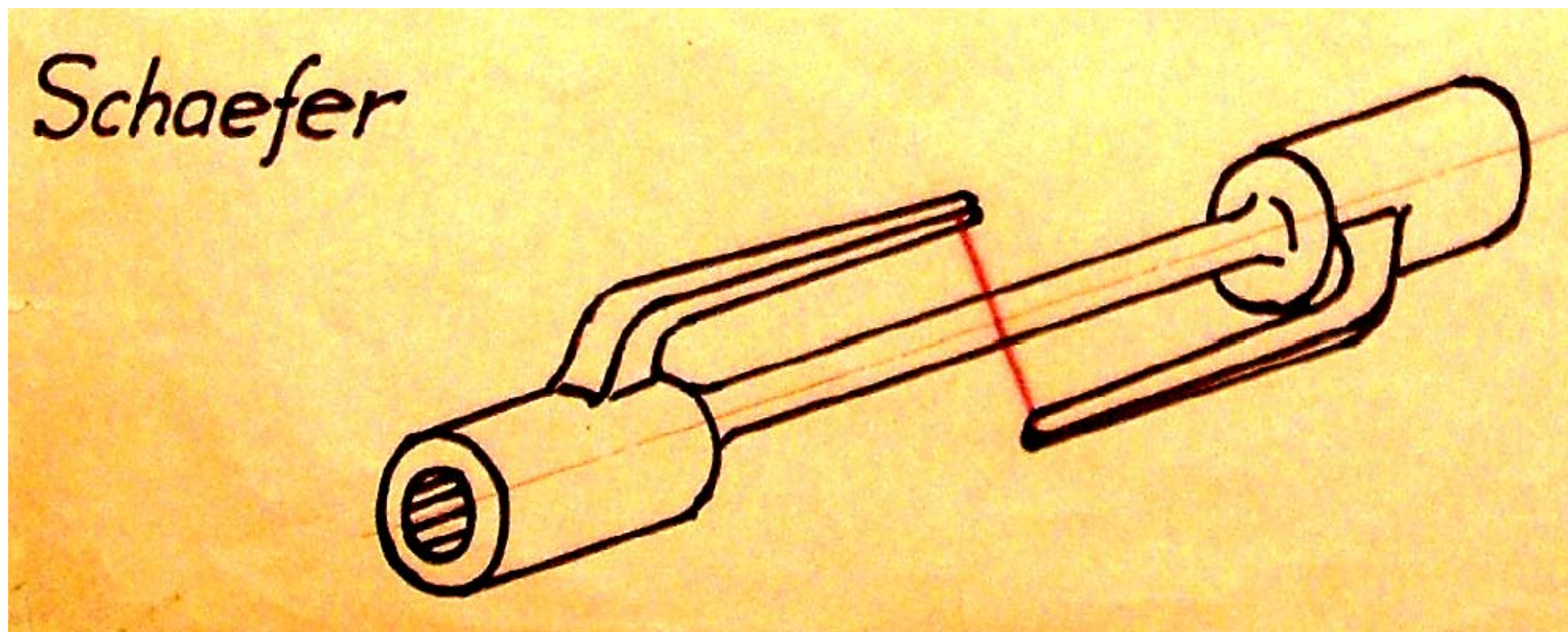
Dynamometr torzní (Amsler):



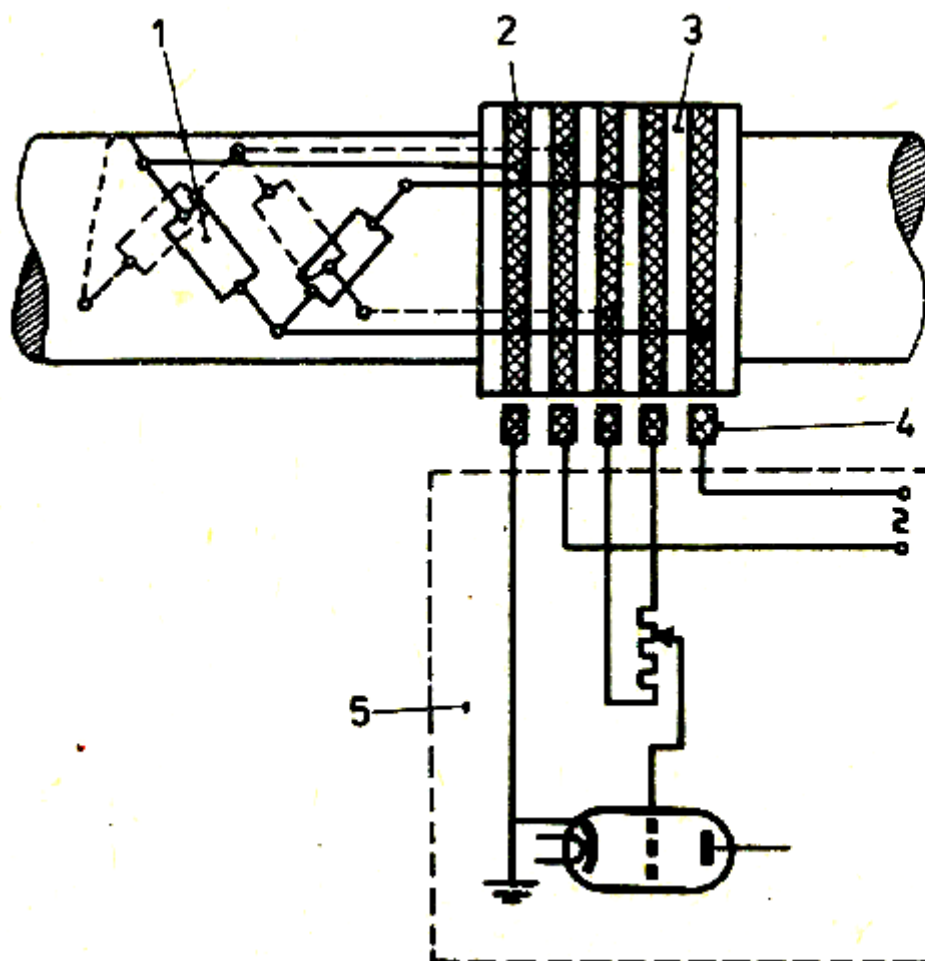
Dynamometr torzní:



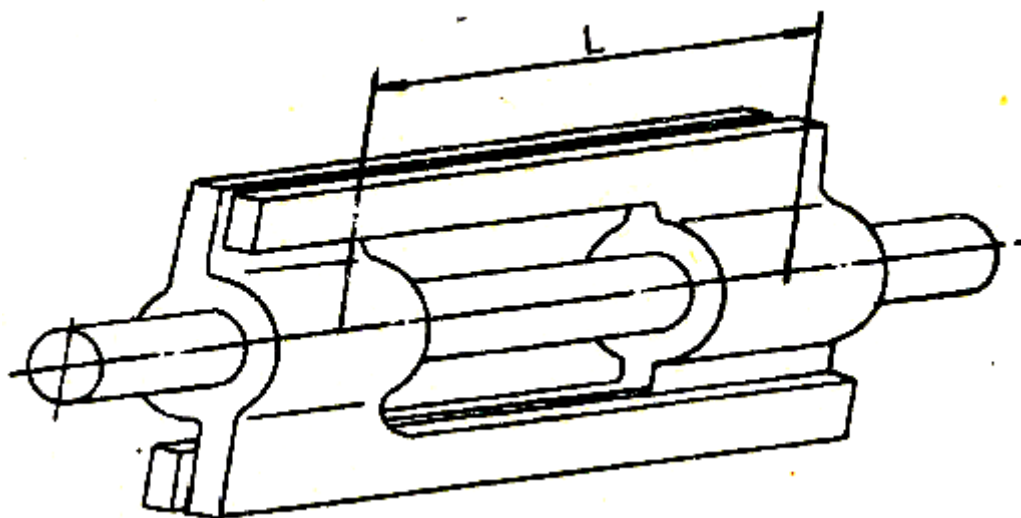
Torzimetr strunový:



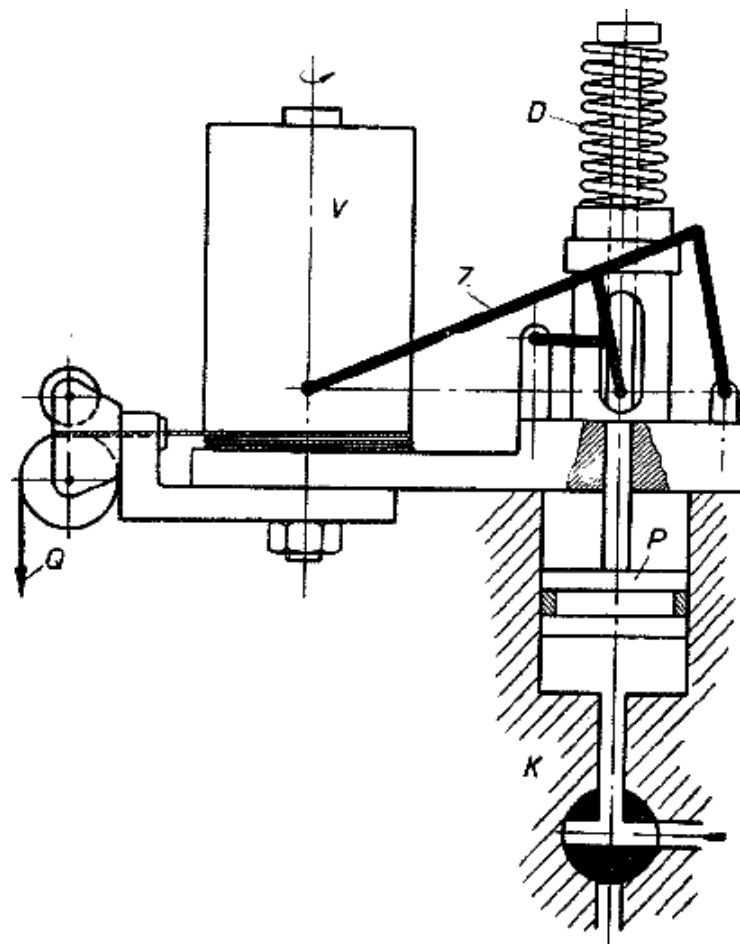
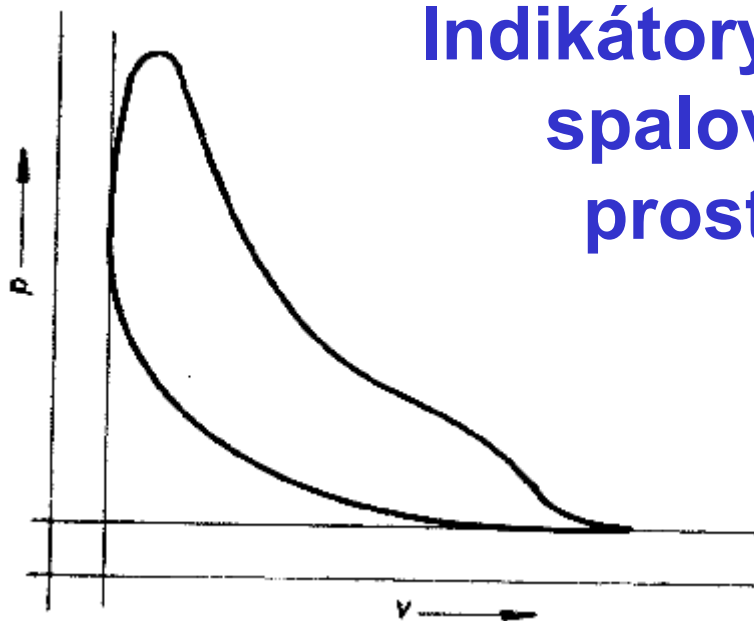
Torzimetr s tenzometry:



Torzimetr kapacitní:



Indikátory tlaku ve spalovacím prostoru:



Teoretický a skutečný diagram 4-dobého motoru:

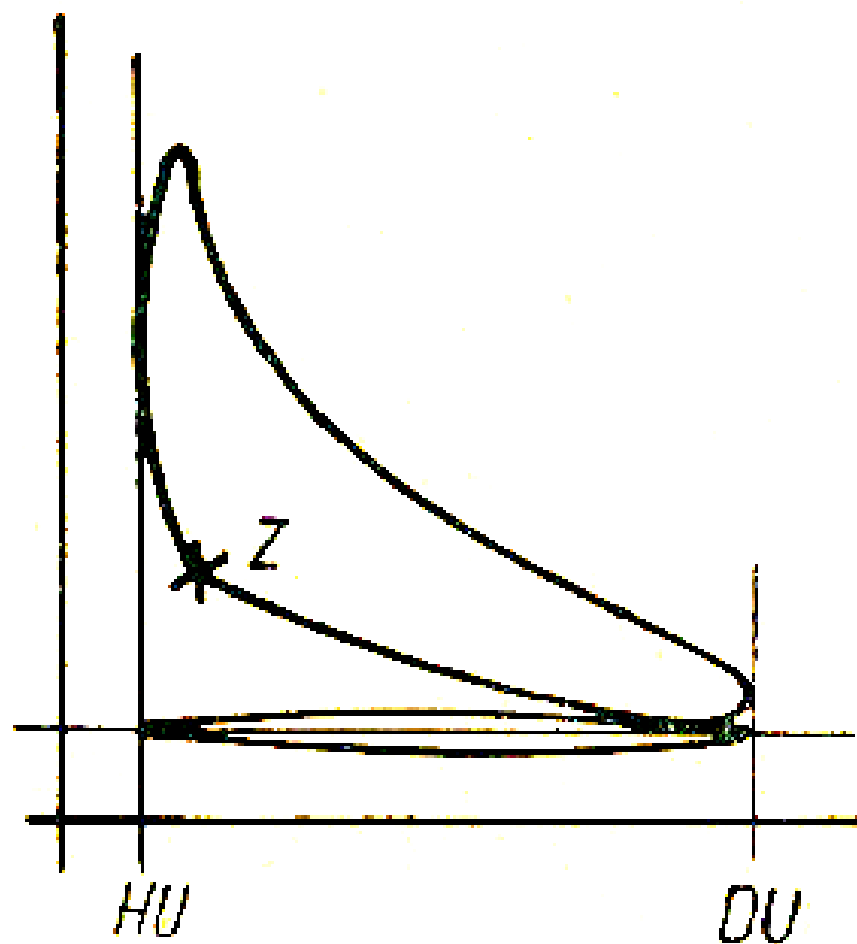
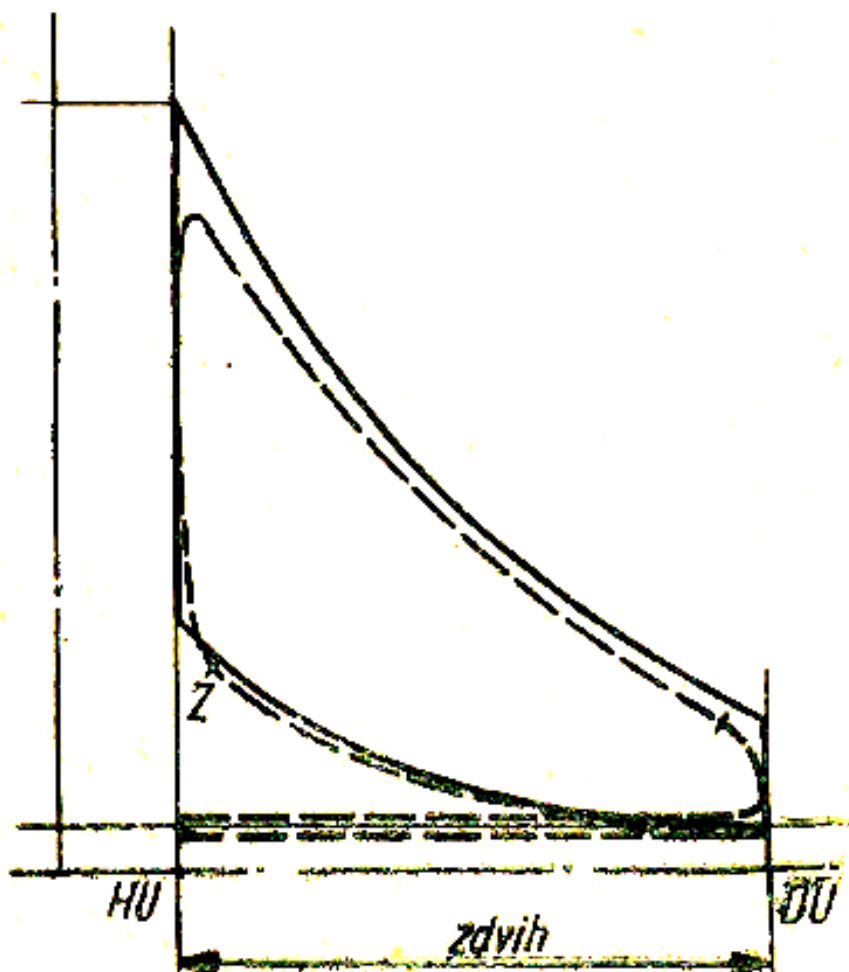
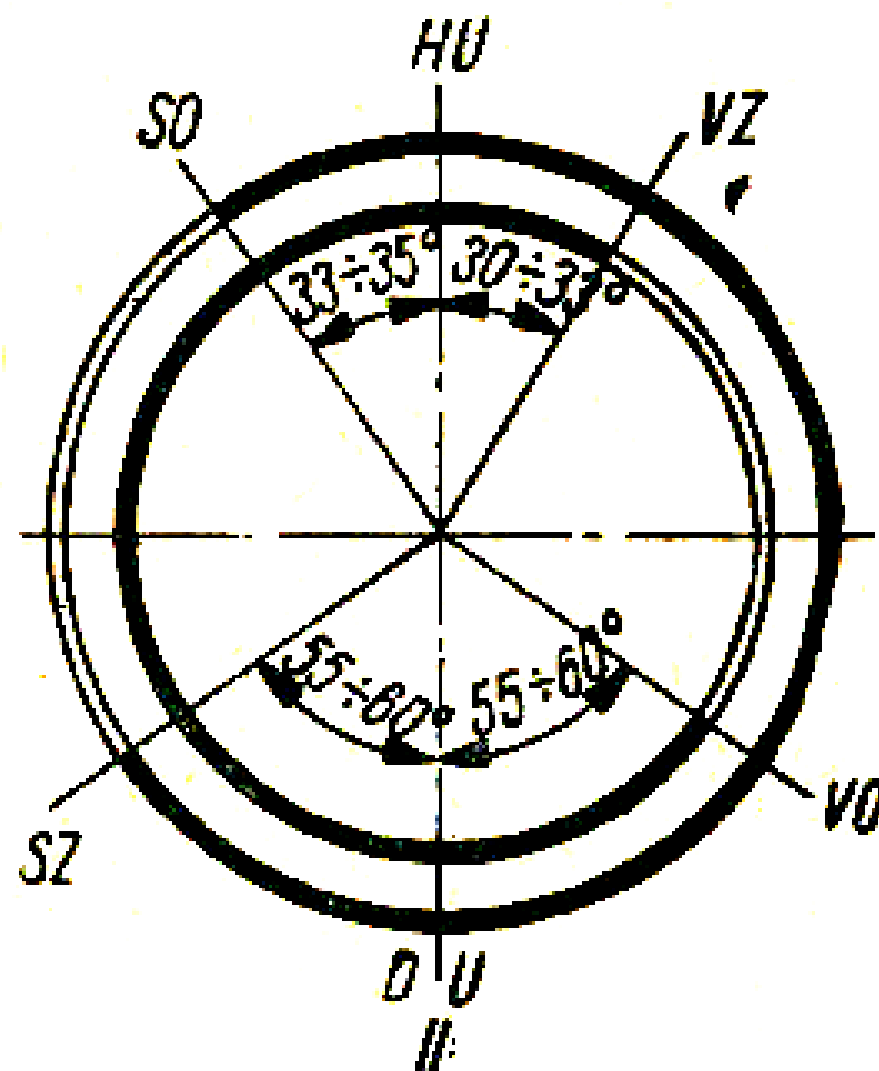
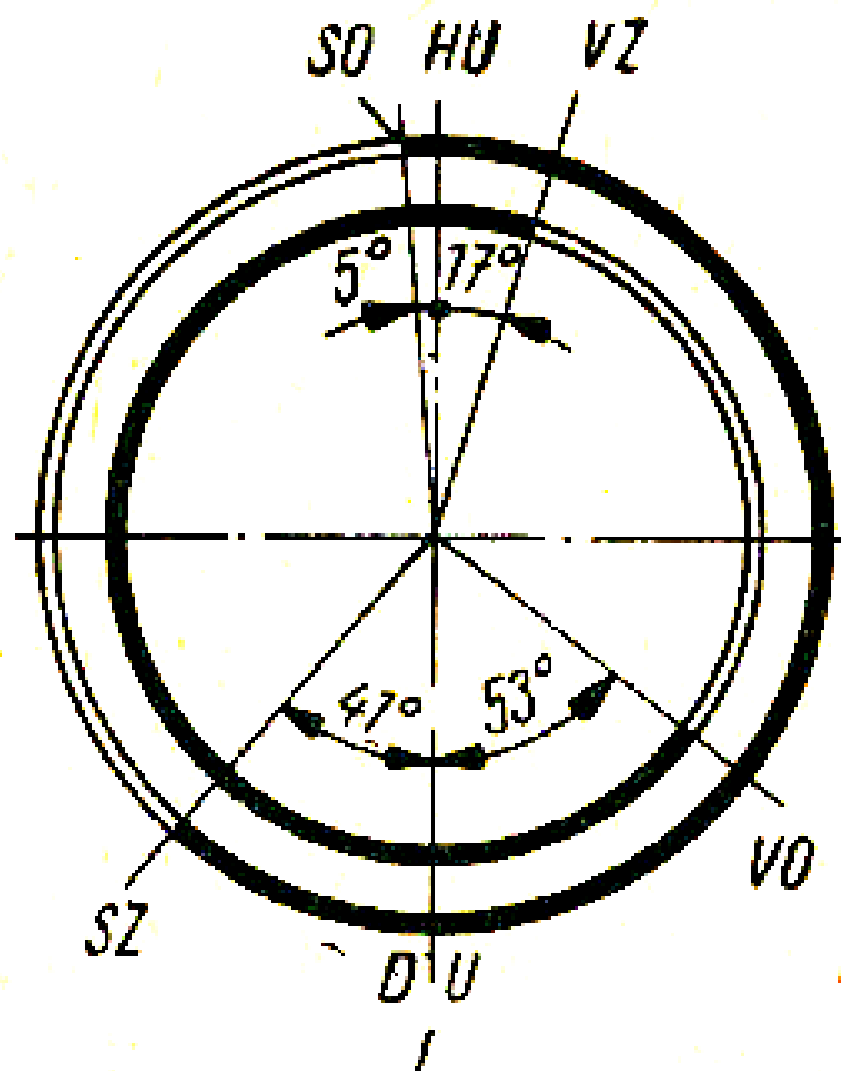
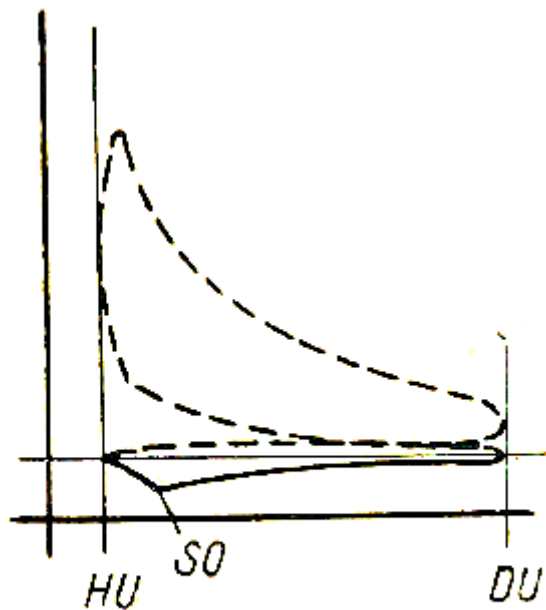


Diagram časování rozvodu:

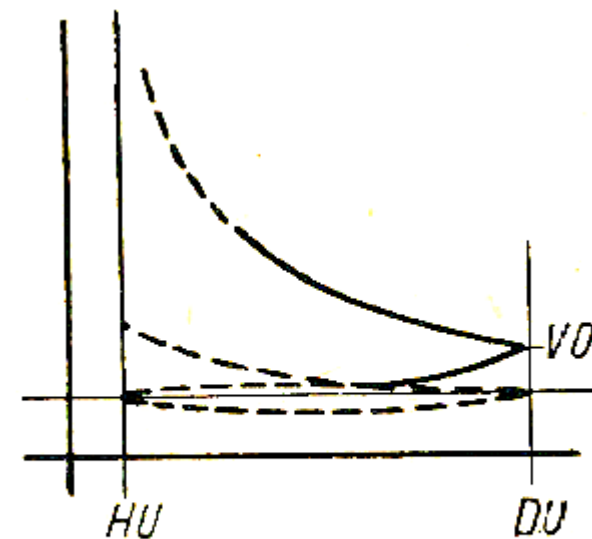
SO	5°	před HU
SZ	41°	po DU
VO	53°	před DU
VZ	17°	po HU



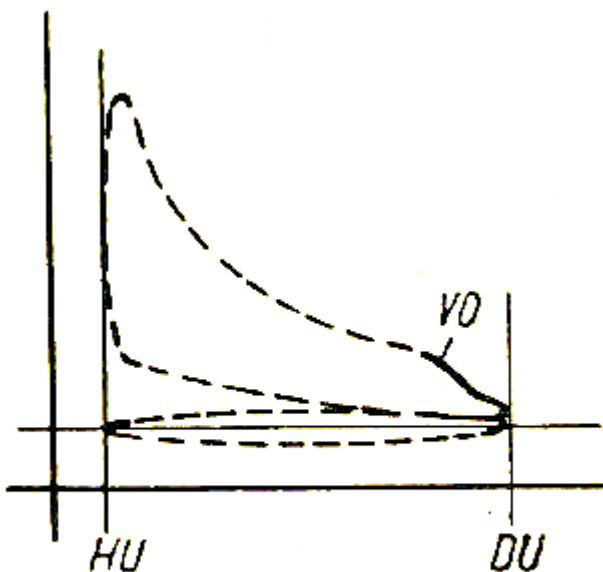


Špatný průběh sání

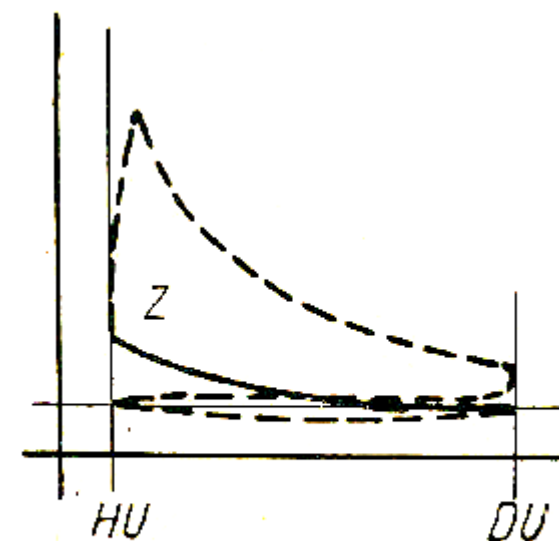
Příklady vlivů na indikátorový diagram:



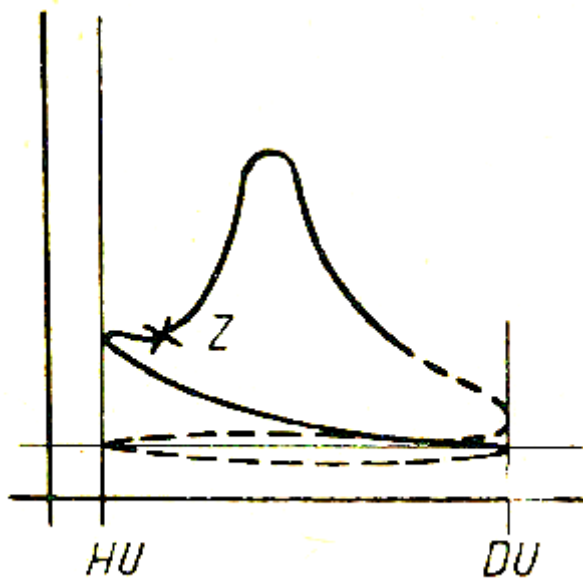
Výfukový ventil se otevírá
příliš pozdě



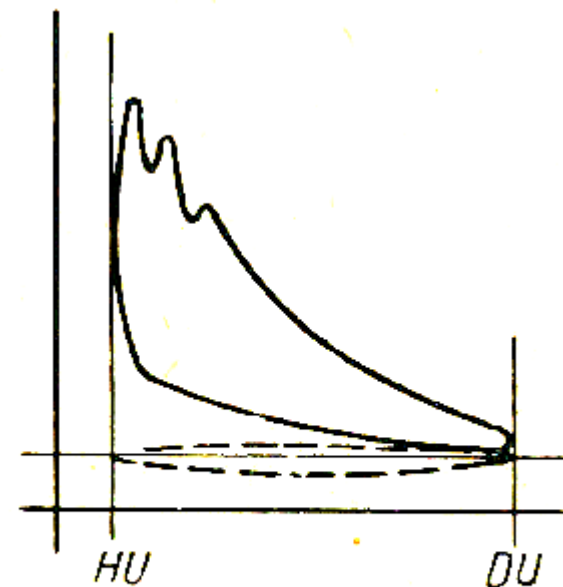
Výfukový ventil se otevírá
příliš brzo



Nízký tlak na konci kom-
presního zdvihu

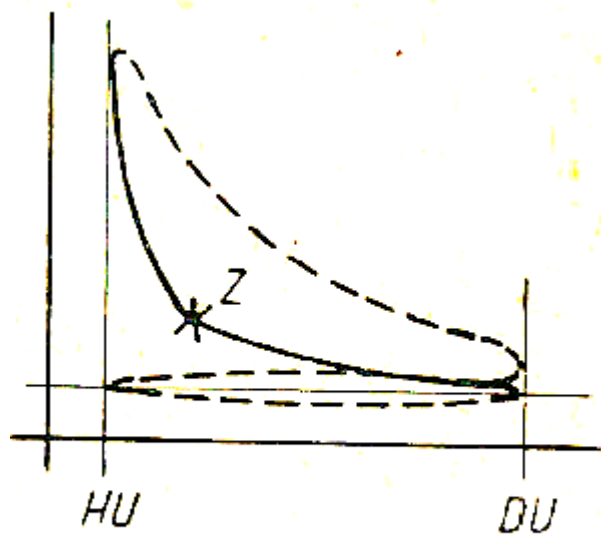


Příliš pozdní zážeh

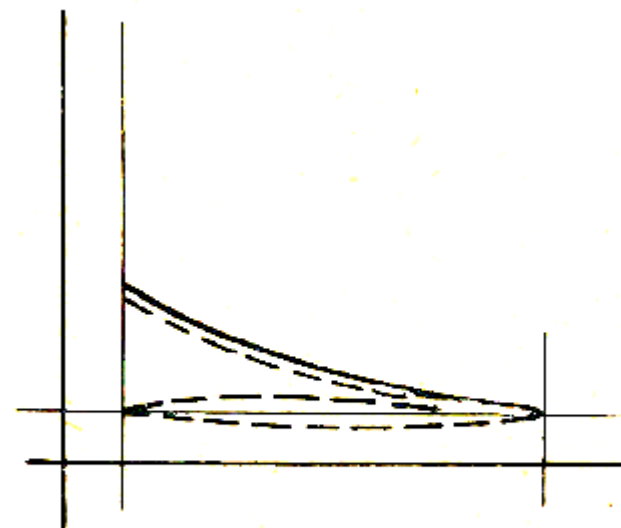


Směs se v koutech spalovacího prostoru dodatečně vzněcuje

Příklady vlivů zážehu na indikátorový diagram:

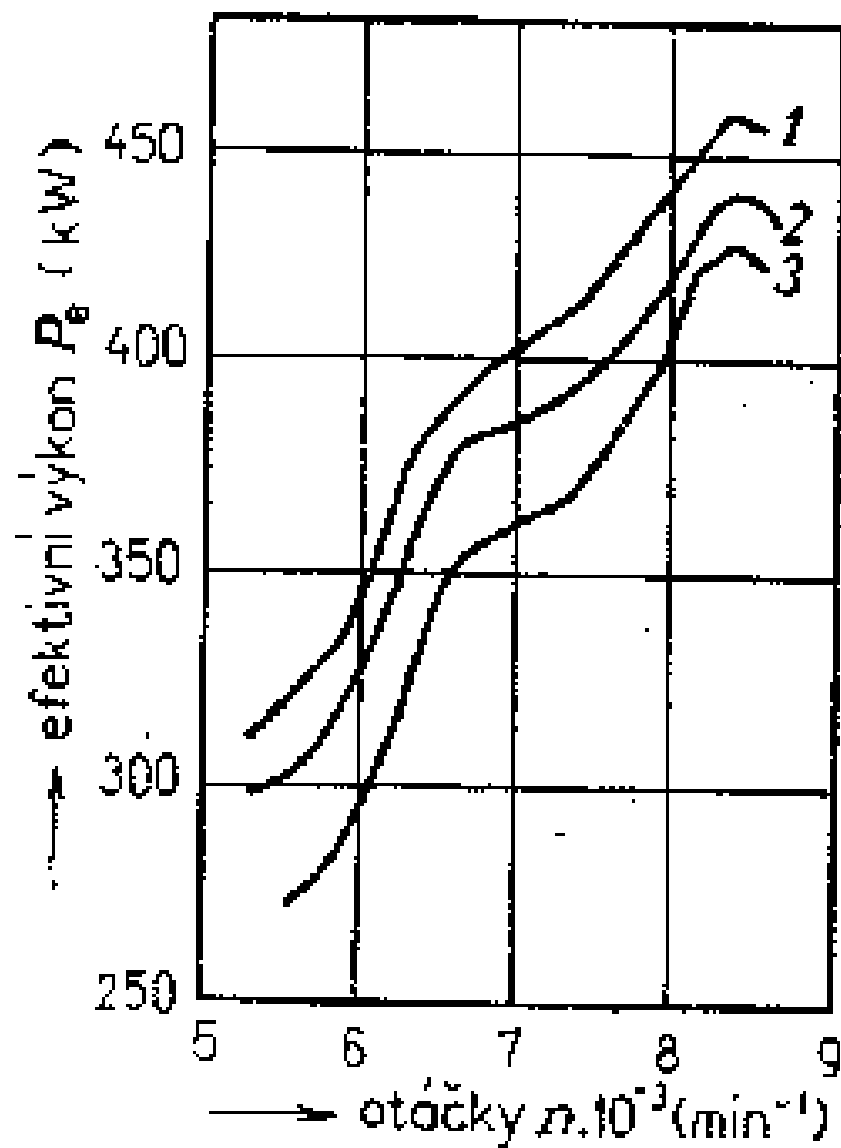


Příliš předčasný zážeh



Směs není zapalována

Příklady charakteristiky motoru:



Obr. 25. Rychlostní charakteristika motoru Porsche 917 s objemem válců:
 1 — 5,0 dm³, 2 — 4,9 dm³, 3 — 4,5 dm³

„Interaktivní prvky“:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;
- V průběhu výkladu si poznamenávejte klíčové informace;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor formulujte argumenty;

Použitá literatura:

- ANONYMUS. *Plakáty pro výuku předmětu Kontrola a měření*. SPŠS Sokolská 1. Brno, nedatováno.
- Beneš O. *Seřizování vozidlových motorů*. Praha: STNL 1961
- CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.
- MACKERLE J. *Motory závodních automobilů*. Praha: STNL 1980.
- MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.
- ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.
- VRŠINSKÝ B., Blatný J. *Příručka leteckého motoráře I. Pístové motory*. NADAS Praha 1964
- VYSLOUŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.
- VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.