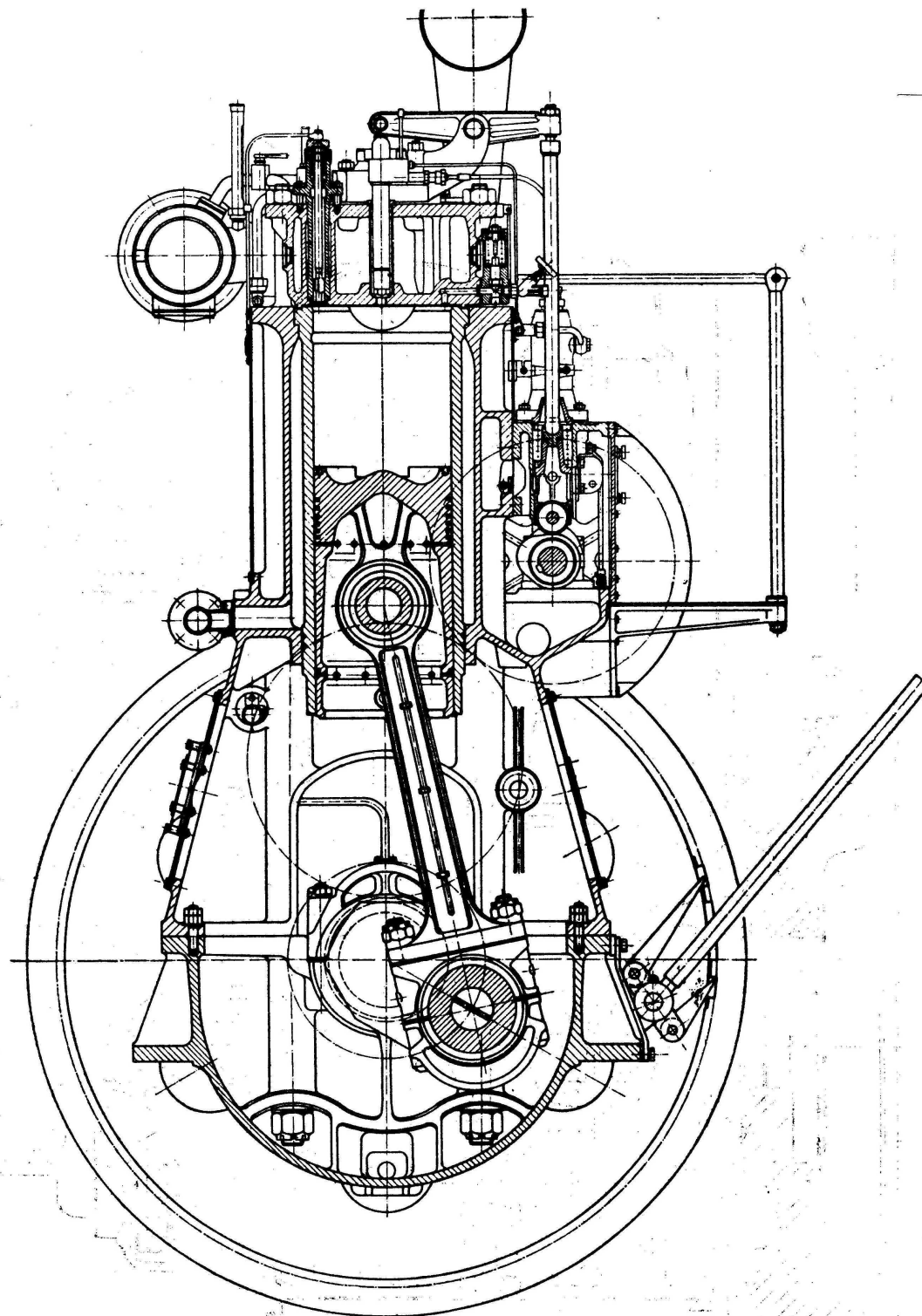


F5200 Fyzika kolem osobního automobilu

6. Kinematika a dynamika pístového motoru. Harmonická analýza zrychlení pístů, vyvážení víceválcového pístového motoru. 7. Mýty a pověry kolem motorů s vnitřním spalováním (Pístové motory s vnitřním spalováním, Wankelův motor, spalovací turbína), největší a nejmenší pístový spalovací motor. 8. Mechanická transmise výkonu. Tření smykové, viskozita kapalin, tření kapalinové, mazání. Ozubená kola. Spojka, převodovka (automatická převodovka), diferenciál, hnací klouby.



20-13. Šestiválcový čtyřdobý naftový motor ČZNM typ Škoda 6 S 350.

klikový mechanismus

- píst s pístním čepem
 - ojnice
 - kliková hřídel
-
- píst s pístním čepem
 - křížák
 - ojnice
 - kliková hřídel

píst

- těsní spalovací prostor před únikem pracovních plynů
- přenáší tlakovou sílu na ojnici
- přenáší postranní síly, pokud je klikový mechanismus bez křížáku
- Těsní spalovací prostor vůči mazacímu a chladicímu oleji.

vlastnosti pístu

- co nejlehčí
- dobrá tepelná vodivost
- dobré kluzné vlastnosti (pro bezkřížákový klikový mechanismus)
- malá tepelná roztažnost

materiál pístu

- litina s co nejmenším obsahem volného feritu
- Al slitina (křemík měď hořčík nikl)
- Al slitina 2-5krát větší tepelná vodivost
- Al slitina 1,7 až 2,3 x větší tepelná roztažnost

Tvar dna pístu

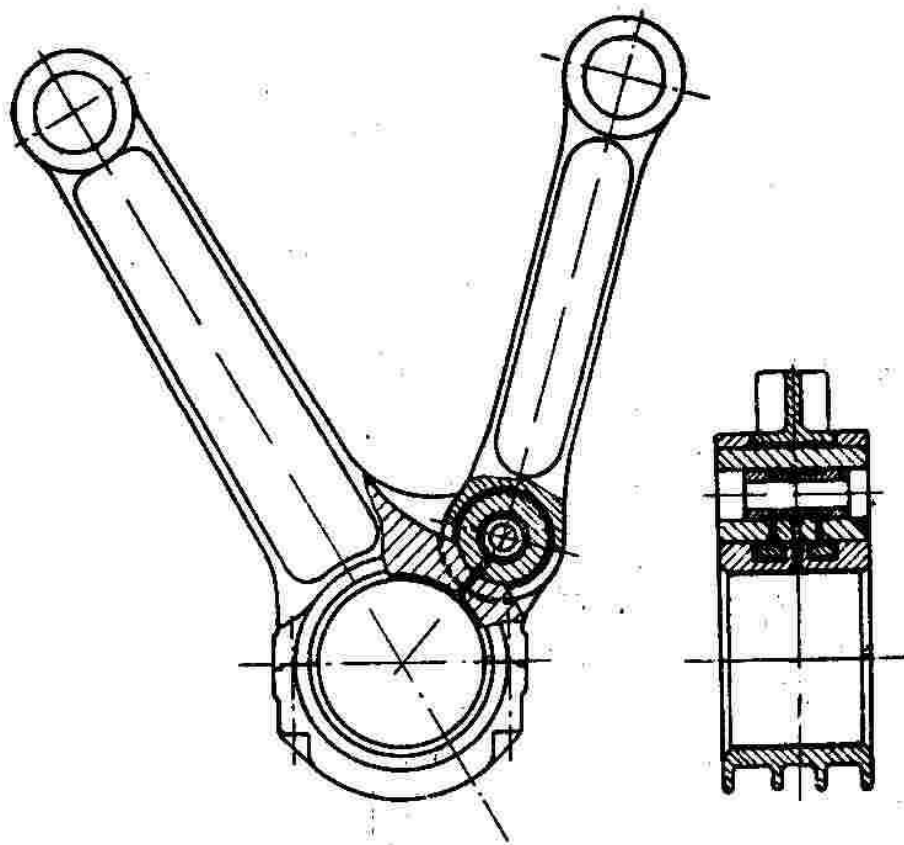
Těsnící pístní kroužky

- Těsnící kroužek má podobu rozříznutého mezikruží, po zasunutí do pístu musí být mezi konci mezera odpovídající teplotní roztažnosti, řádově $0.02 D$
- těsní pracovní plyn ve válci
- přenáší teplo z pístu na válec . (teplota prvního kroužku $280-320\text{ C}$.)
- počet těsnících kroužků 2 až 5 na píst.,
- Měrný tlak v kluzné ploše $0.03-0.4\text{ Mpa}$
- Stírcí kroužky-stírají olej

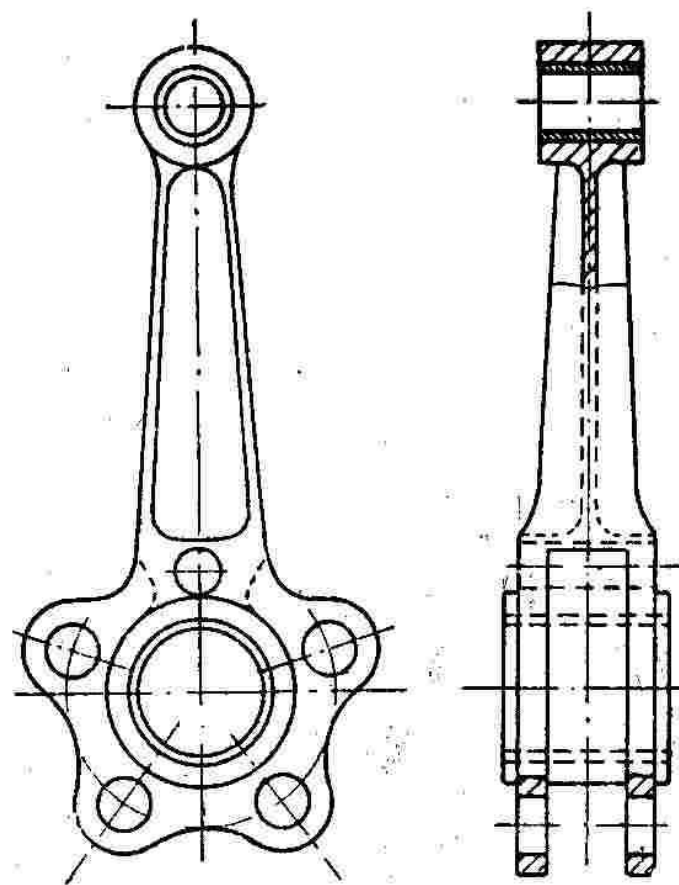
ojnice

- převádí přímočarý pohyb na klikovou hřídel.
- Požadované vlastnosti: minimální hmotnost
- namáhání: na tlak a tah, v důsledku třecích sil v ložisku kliky, částečně na ohyb

řešení klikového mechanismu vidlicového a hvězdicového motoru

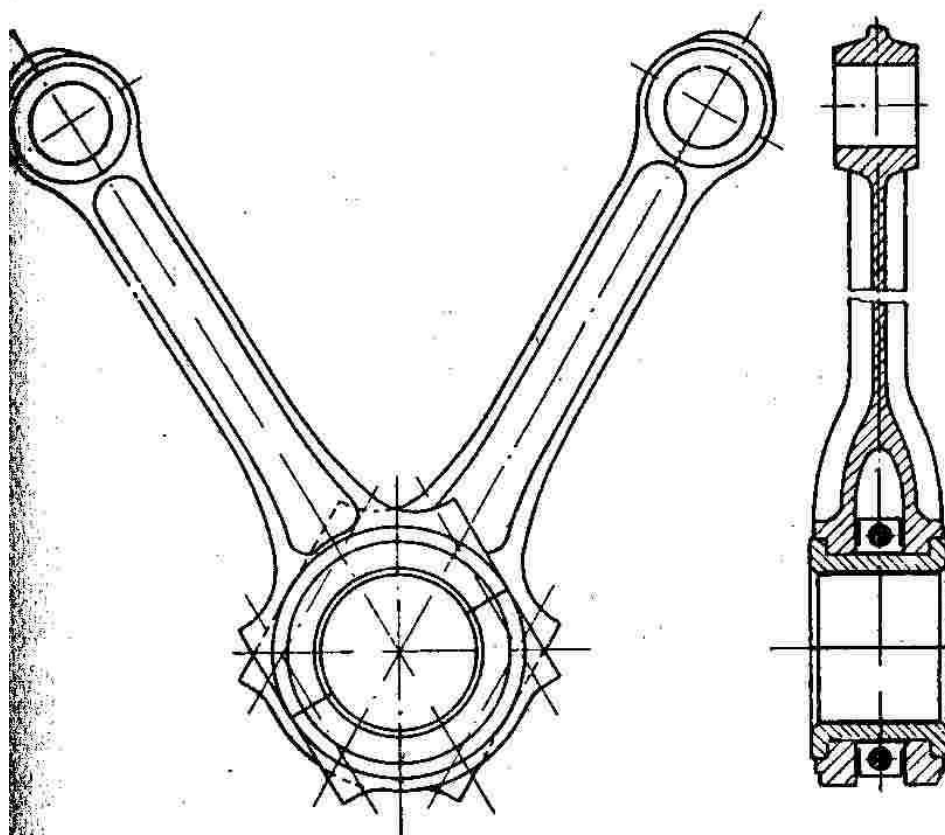


22-81. Provedení ojníc podle schématu na obr. 22-79.

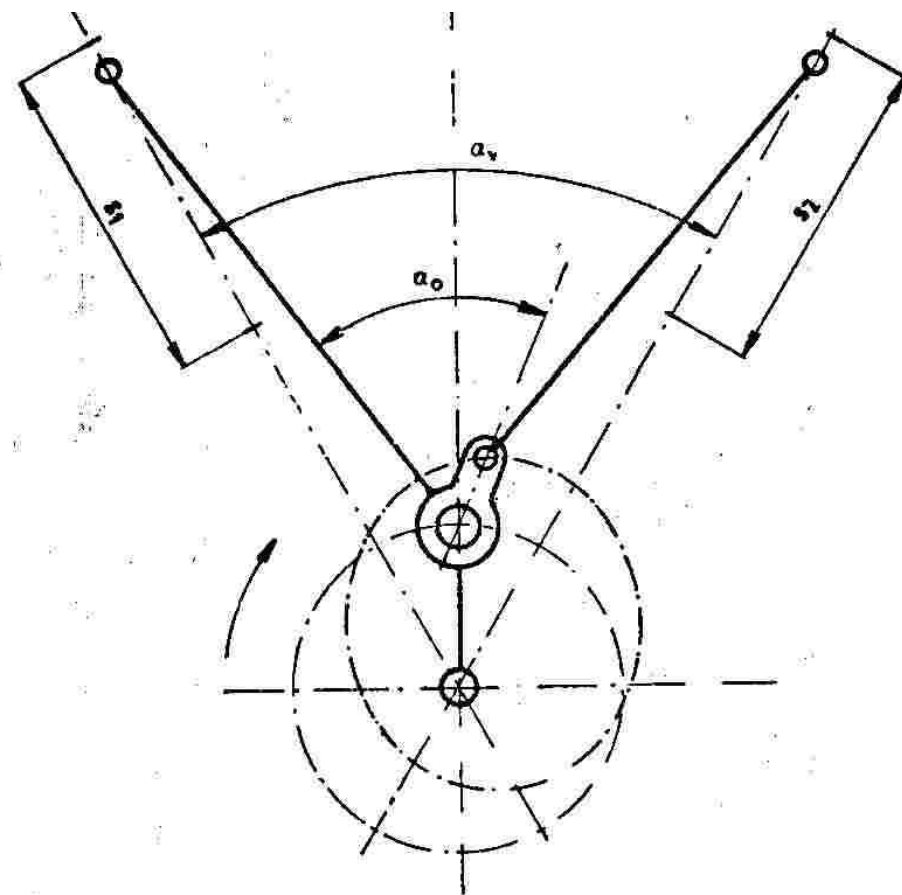


22-82. Ojnice letadlového hvězdicového motoru.

řešení klikového mechanismu vidlicového motoru

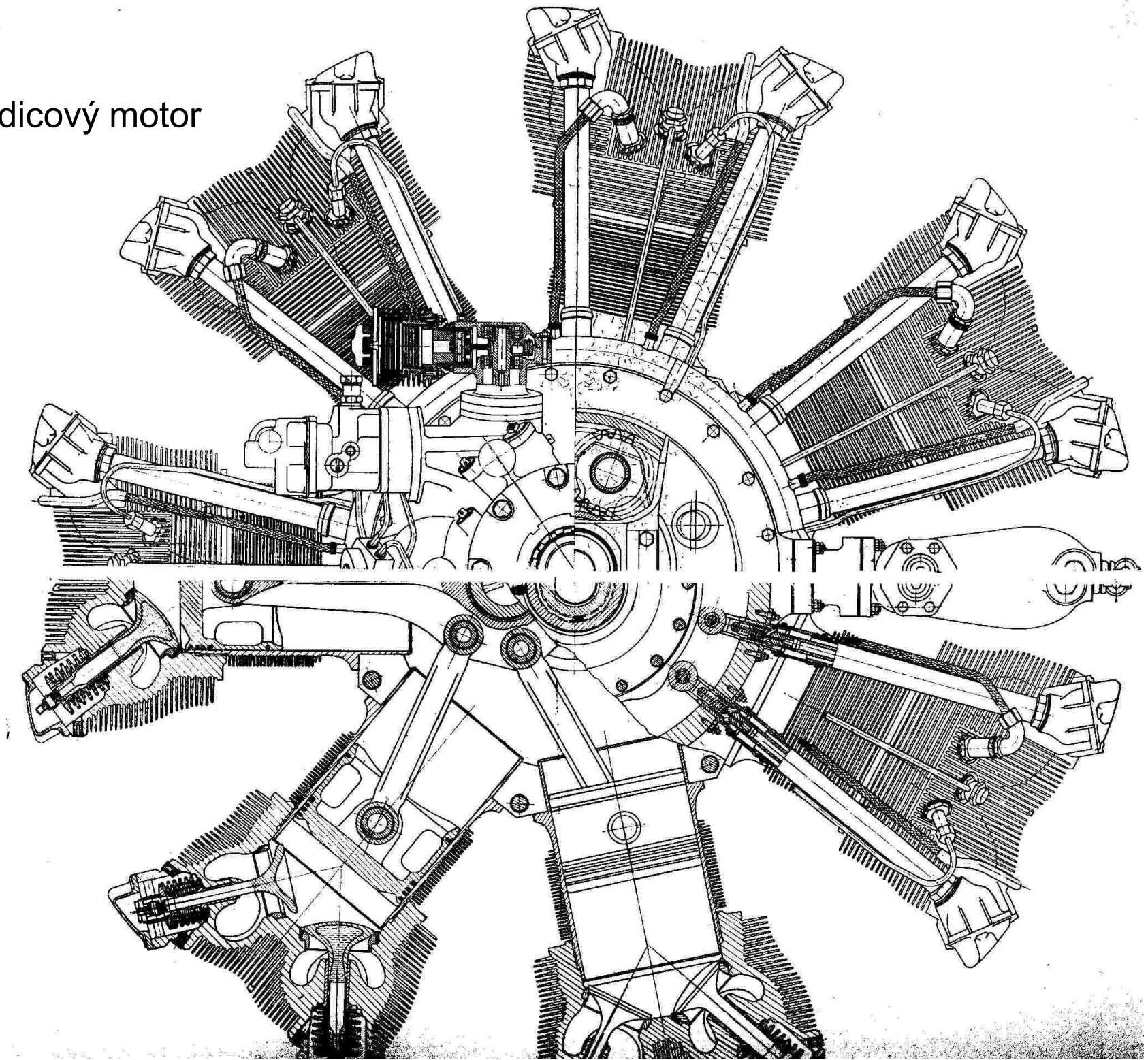


22-78. Provedení ojníc podle schématu
na obr. 22-77b.



22-79. Řešení klikového mechanismu vidlicového motoru s použitím hlavní a zavěšené ojnice.

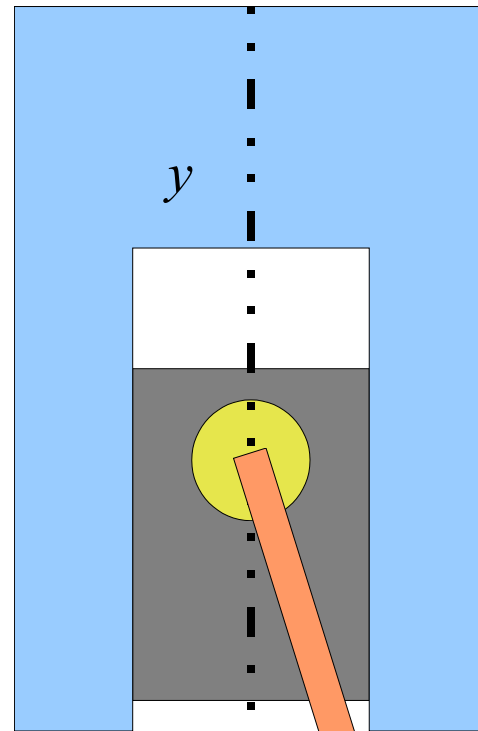
hvězdicový motor



Kliková hřídel

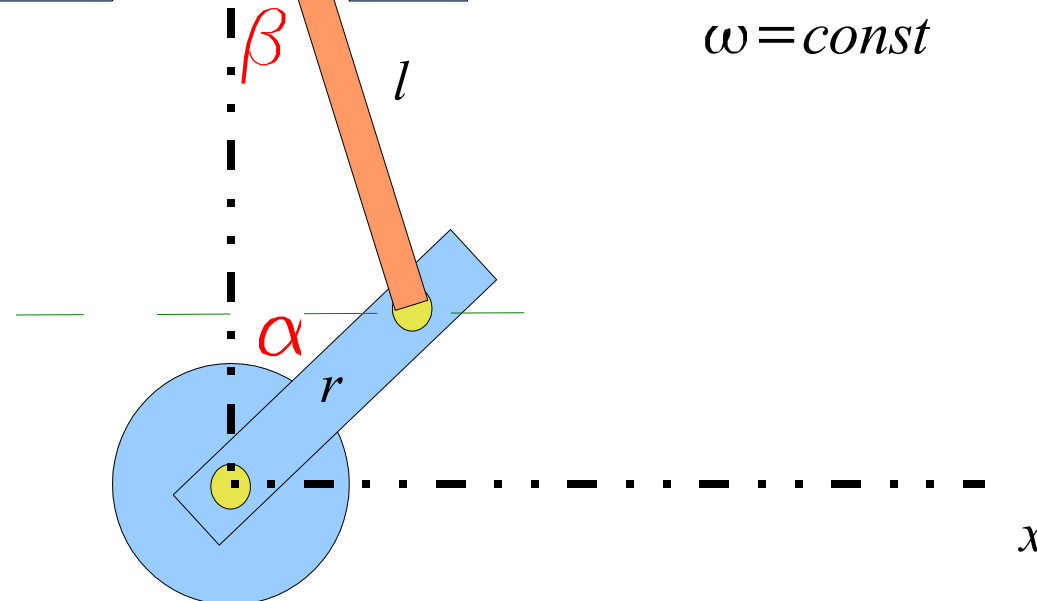
- zalomená
- letmá klika
- vcelku
- skládaná
- rovinná
- prostorová
- kovaná
- litá
- bez protizávaží
- s protizávažími

kinematika klikového mechanismu (bez křížáku)



Délka ojnice L
Poloměr kliky R
Hmotnost pístu m

$$r \sin(\alpha) = l \sin(\beta)$$
$$r \cos(\alpha) + l \cos(\beta) = y(t)$$
$$\alpha = \omega t$$
$$\omega = \text{const}$$



poloha rychlost a zrychlení pístu

$$y(t) = (r \cos(\alpha) + l \cos(\beta))$$

$$r \sin(\alpha) = l \sin(\beta) \quad \sin(\beta) = \frac{r}{l} \sin(\alpha) \quad \cos(\beta) = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\alpha)}$$

$$y(t) = r \cos(\omega t) + l \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}$$

$$v(t) = \dot{y}(t) = -r \omega \sin(\omega t) - l \frac{1}{2} \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}}$$

$$a_y(t) = \ddot{y}(t) = -\omega^2 r \cos(\omega t) - l \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} \left[\frac{2\omega \cos(2\omega t)}{\sin(2\omega t)} + \frac{1}{2} \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)} \right]$$

$$a_y(t) = \ddot{y}(t) = -\omega^2 r \cos(\omega t) - l \frac{\omega^2 \lambda^2 \cos(2\omega t)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} - \frac{1}{4} \frac{\omega^2 \lambda^4 \sin^2(2\omega t)}{(1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t))^{\frac{3}{2}}}$$

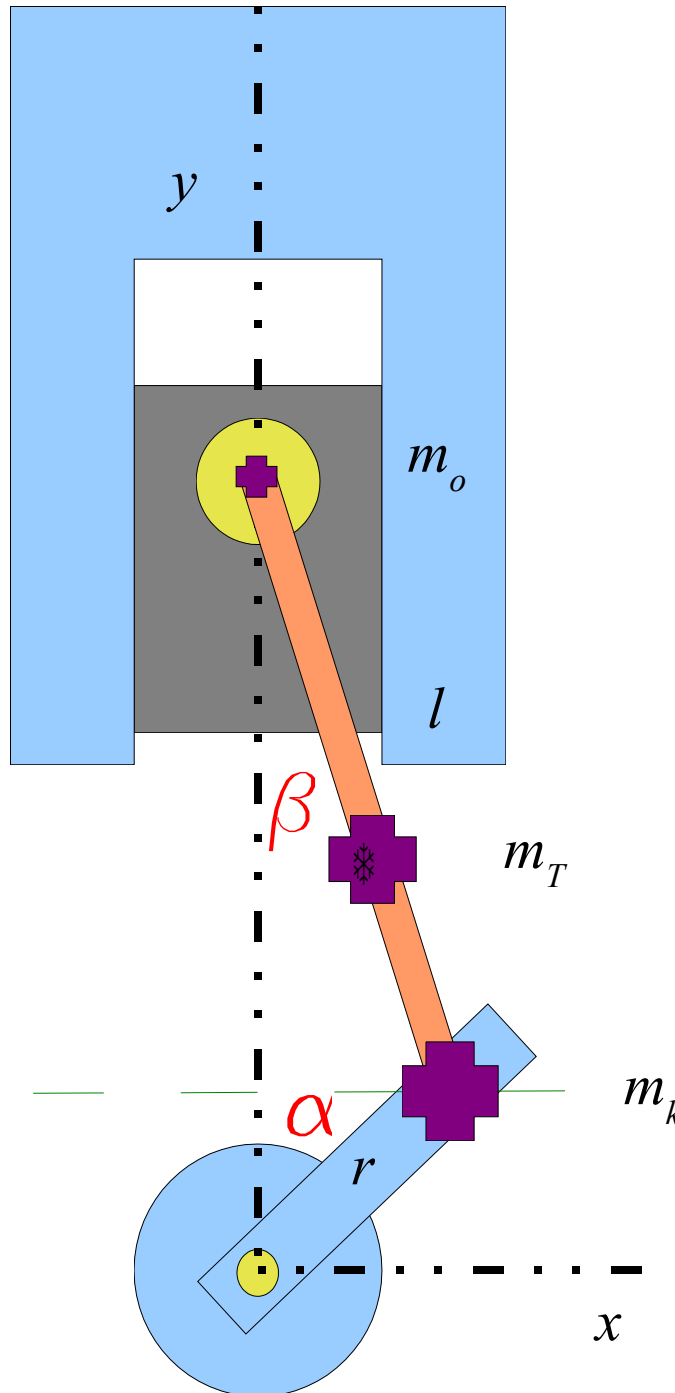
výsledná síla urychlující píst

$$F_y(t) = ma_y(t) \quad F_x(t) = ma_x(t) = 0$$

$$F_y(t) / m = -\omega^2 r \cos(\omega t) - l \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} \left[\frac{2\omega \cos(2\omega t)}{\sin(2\omega t)} + \frac{1}{2} \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)} \right]$$

$$F_y(t) / m = -\omega^2 r \cos(\omega t) - l \frac{\omega^2 \lambda^2 \cos(2\omega t)}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} - \frac{1}{4} \frac{\omega^2 \lambda^4 \sin^2(2\omega t)}{(1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t))^{\frac{3}{2}}}$$

Kinematika klikového mechanismu se započítáním ojnice



Délka ojnice l
Vzdálenost těžiště oj. od klikového čepu s
Hmotnost ojnice m_{oj}
Moment setrv. oj. J_{oj}
Poloměr kliky r
Hmotnost pístu m

$$y_T = r \cos(\alpha) + s \cos(\beta)$$

$$x_T = r \sin(\alpha) + s \sin(\beta)$$

$$\sin(\beta) = \frac{r}{l} \sin(\alpha)$$

$$\cos(\beta) = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\alpha)}$$

$$\alpha = \omega t$$

$$\omega = \text{const}$$

$$s m_k = (l - s) m_o$$

$$J_{oj} = s^2 m_k + (l - s)^2 m_o$$

$$m_{oj} = m_o + m_T + m_k$$

kinematika ojnice

- ojnice je mechanicky určena
- momentem setrvačnosti J_{oj} , vzhledem k ose kývání
- vzdáleností těžiště od osy klikového čepu s ,
- vzdáleností os klikového čepu a pístního čepu l
- předpokládejme, že obě osy i těžiště leží na jedné přímce

- pak můžeme ojnici nahradit třemi hmotnými body o hmotnosti m_o m_T m_k v místě pístního čepu těžiště a klikového čepu

$$m_k = \frac{J_{oj}}{ls}$$

$$m_o = \frac{J_{oj}}{(l-s)l}$$

$$m_T = m - \frac{J_{oj}}{(l-s)s}$$

kinematika ojnice

$$y_T(t) = (r \cos(\alpha) + s \cos(\beta)) \quad x_T(t) = (r \sin(\alpha) - s \sin(\beta))$$

$$r \sin(\alpha) = l \sin(\beta) \quad \sin(\beta) = \frac{r}{l} \sin(\alpha) \quad \cos(\beta) = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\alpha)}$$

$$y_T(t) = r \cos(\omega t) + s \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)} \quad x_T(t) = r \sin(\omega t) - s \lambda \sin(\omega t)$$

$$v_T(t) = \dot{y}_T(t) = -r \omega \sin(\omega t) - s \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} \quad v_{xT}(t) = r \omega \cos(\omega t) - s \omega \lambda \cos(\omega t)$$

$$a_{yT}(t) = \ddot{y}_T(t) = -\omega^2 r \cos(\omega t) - s \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{2\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)}} \left[\frac{2\omega \cos(2\omega t)}{\sin(2\omega t)} + \frac{1}{2} \frac{\omega \lambda^2 \sin(2\omega t)}{1 - \lambda^2 \sin^2(\omega t)} \right]$$

$$a_{xT}(t) = -\omega^2 r \sin(\omega t) + s \omega^2 \lambda \sin(\omega t)$$

vliv ojnice

- ze vztahů pro zrychlení je vidět, že kdyby platilo

$$m - \frac{J_{oj}}{(l-s)s} = 0$$

- pak by bylo možné ojnici nahradit závažími v místě os otáčení a v tom případě nevzniknou kvalitativně nové jevy
- pokud je výraz větší než nula, objeví se příčné harmonické zrychlení + zrychlení stejného průběhu jaké má píšť