

Jeřáby

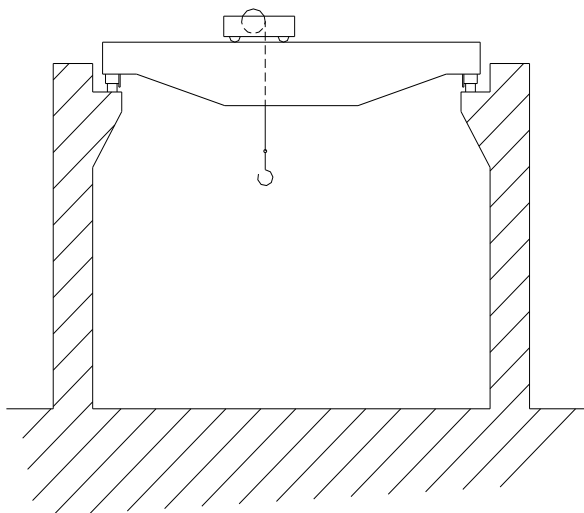
Hlavním parametrem všech jeřábů je jeho nosnost. Je to největší dovolená hmotnost zvedaného břemene. Značí se m_Q . Dalšími parametry pak jsou výška zdvihu, pracovní rychlost a rozměry pracovního pole.

Protože jsou jeřáby potenciálně nebezpečné stroje, platí pro jejich provoz řada bezpečnostních předpisů. Je například předepsána nutnost provedení pevnostního výpočtu, provozních zkoušek (proti přetížení) a pravidelných kontrol – tzv. revizí.

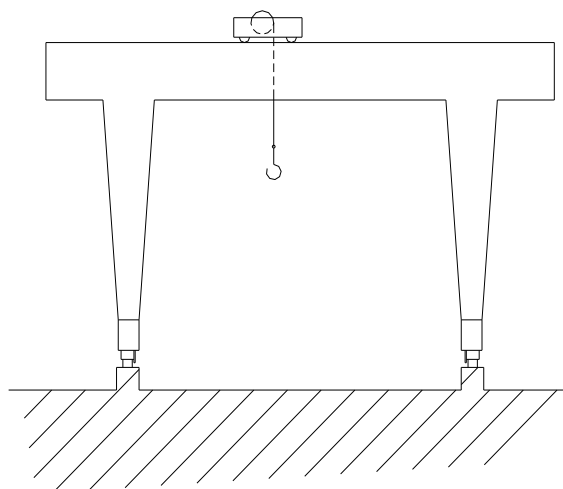
Pro účely pevnostního výpočtu jsou jeřáby rozděleny do několika skupin podle celkového vytížení a počtu pracovních cyklů. Je to hlavně z důvodu výpočtu na únavu.

Podle konstrukčního provedení dělíme jeřáby na :

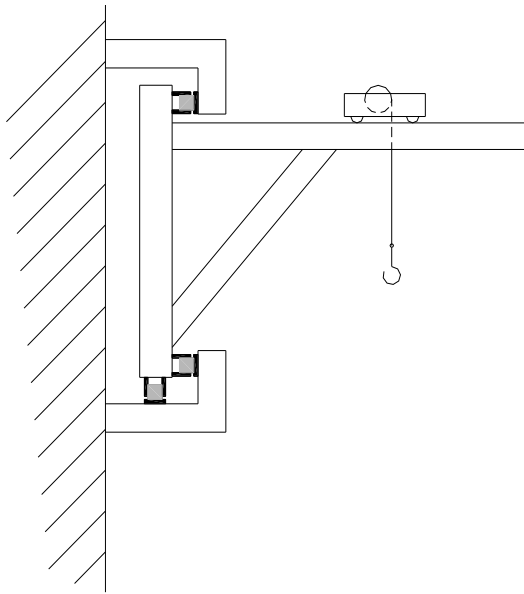
- mostové – nejčastější – pojíždějí po kolejnicích pod stropem haly.



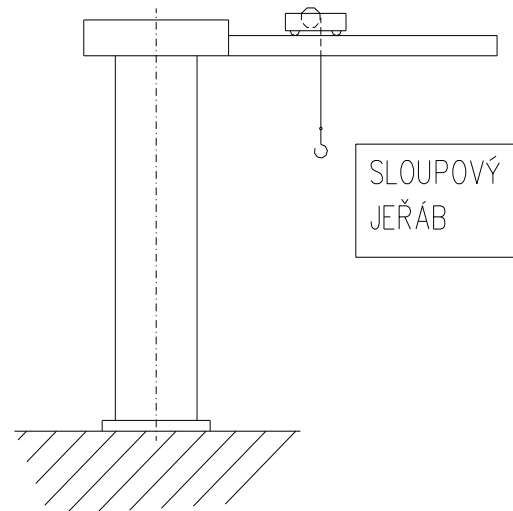
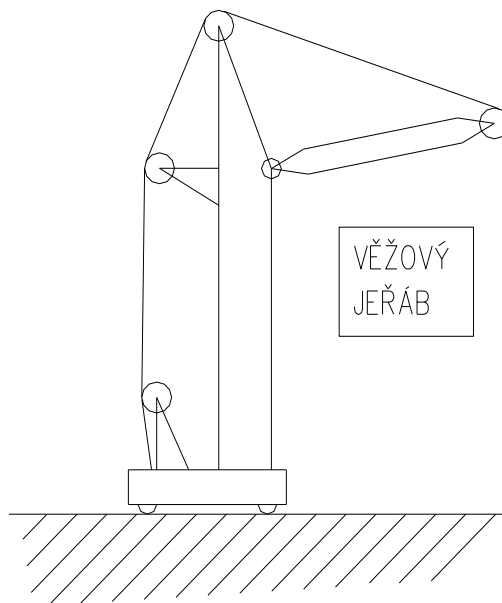
- portálové – pojíždějí po kolejnicích na zemi.



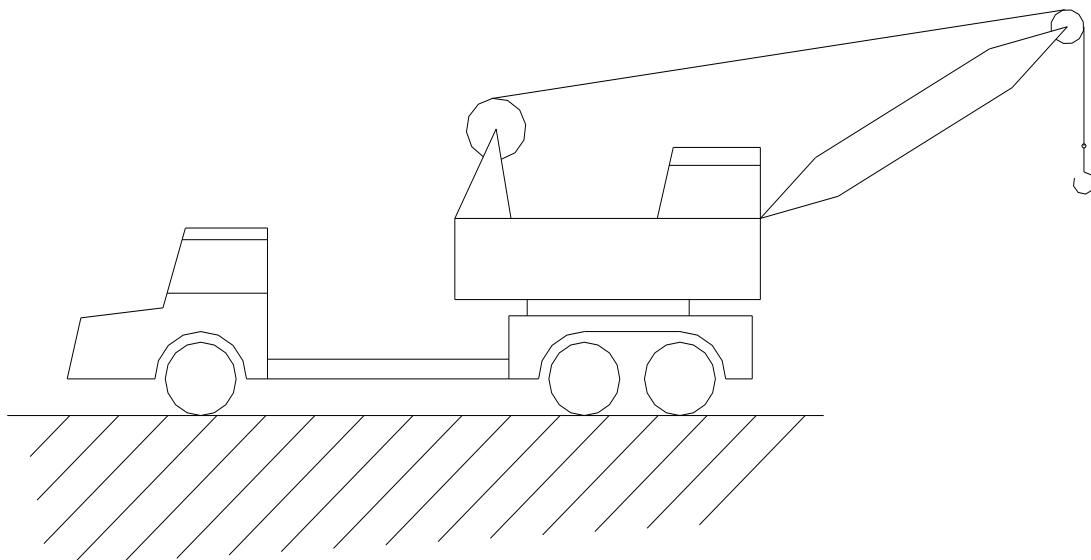
- konzolové – pojíždějí po kolejnicích na stěně budovy



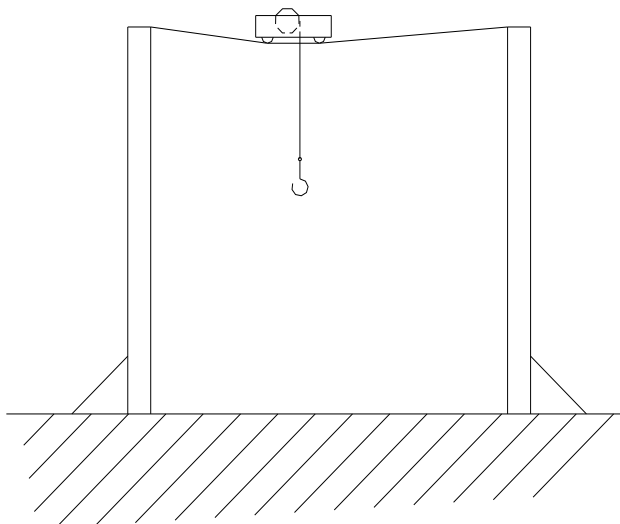
- sloupové a věžové – otáčejí se kolem osy sloupu nebo věže, mohou i pojíždět



- mobilní - silniční, železniční, plovoucí



- lanové – jeřábová kočka pojíždí po napnutém laně



Podle druhu pohonu rozdělujeme jeřáby na :

- elektrické
- hydraulické
- ruční
- se spalovacím motorem

Podle druhu pohybu rozdělujeme jeřáby na :

- stacionární
- pojezdové
- otočné
- vozidlové

Podle způsobu připevňování břemene rozdělujeme jeřáby na :

- hákové
- drapákové
- magnetové

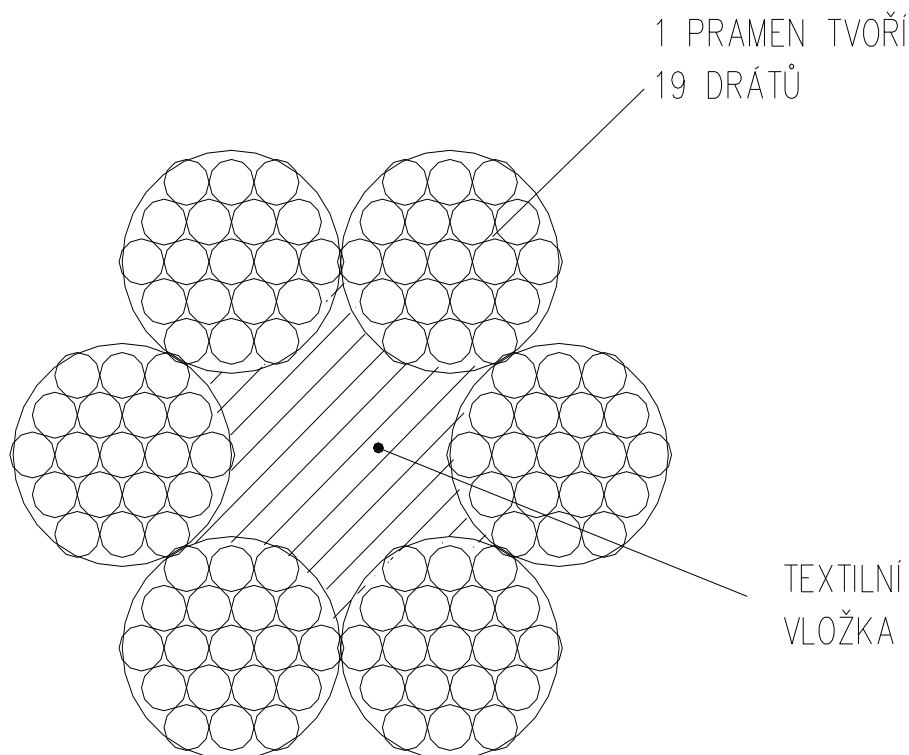
Části jeřábů a zvedacích zařízení

- **Lana a řetězy**

Používají pro zvedání nebo tažení břemen. Lana jsou lehčí, bezpečnější, tiché při provozu a připouštějí větší rychlost navíjení. Řetězy jsou odolnější proti otěru, žáru, korozi a nešetnému zacházení. Jsou ohebnější než lana a umožňují použití menší průměr kladek.

Lana jsou ocelová nebo textilní. Pevnost **textilních lan** může být až 200 MPa a používají se u ručních kladkostrojů nebo jako vázací prostředky. Jsou totiž měkká a nepoškozují hrany zvedaného předmětu. Bezpečnost k mezi pevnosti se udává na hodnotě 5 až 8.

Ocelová lana se vyrábějí z ocelových patentovaných drátů o pevnosti 1300 až 2000 MPa. Vyrábějí se nejčastěji lana jednopramenná nebo šestipramenná, přičemž v každém pramenu je 7 až 19 drátů, celkem tedy v celém lanu může být $19 \cdot 6 = 114$ drátů.



Průřez šestipramenného ocelového lana

Podle způsobu vinutí rozlišujeme lana pravá a levá, protisměrná a stejnosměrná. Protisměrná lana mají smysl vinutí pramenů v laně opačný oproti smyslu vinutí drátů v jednotlivých pramenech. To zamezuje, aby se na lanu v nezátíženém stavu vytvářely smyčky. Ani konce takovýchto lan nemají tendenci se samovolně rozplétat. Z tohoto důvodu se u jeřábů výhradně používají jen protisměrná lana. Stejnosměrná lana jsou naopak trvanlivější. Hodí se všude tam, kde je lano trvale napnuto, tedy hlavně pro výtahy a lanovky.

Výrobce lana (nebo taky ČSN) uvádí jmenovitou pevnost lana F_{pt} , tedy sílu, při které dojde k přetržení lana. Vůči této hodnotě pak dimenzujeme lano s dostatečnou bezpečností (zpravidla $k = 4$ až 6). Maximální možné zatížení lana pak je dáno vztahem:

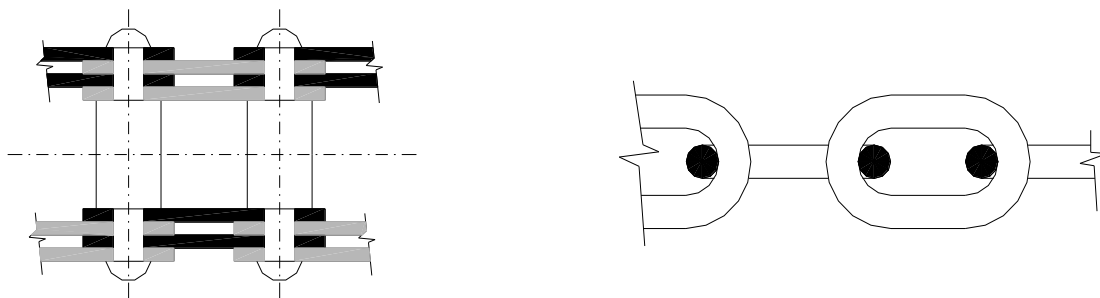
$$F_{max} = \frac{F_{pt}}{k}$$

Životnost lana je pak dána počtem jeho ohybů do nutné výměny z důvodu nebezpečí vzniku únavového lomu.

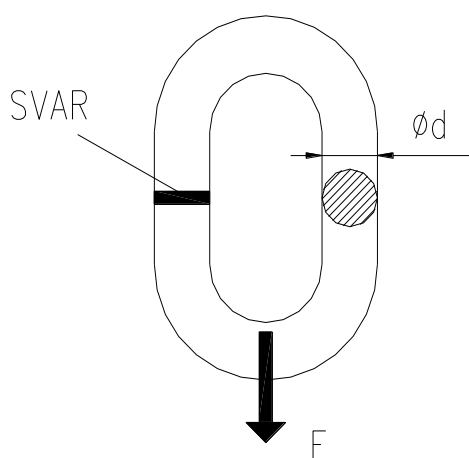
Zásady pro práci s lany:

- nepřetěžovat,
- co nejméně ohýbat,
- používat lanové kladky a bubny o správném průměru,
- mechanicky nepoškozovat – např. nejezdit po nich,
- pravidelně čistit, mazat a prohlížet.

Řetězy se u zdvihacích zařízení používají jako svařované článkové řetězy nebo Gallovy řetězy. Gallovy řetězy mají větší pevnost, jsou však ohebné pouze v jednom směru.



Na levém obrázku je Gallův řetěz, na pravém pak článkový řetěz.



Pro tahové napětí v článku řetězu platí:

$$\sigma_t = \frac{F}{2 \cdot S} = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \sigma_{t \text{ DOV}}$$

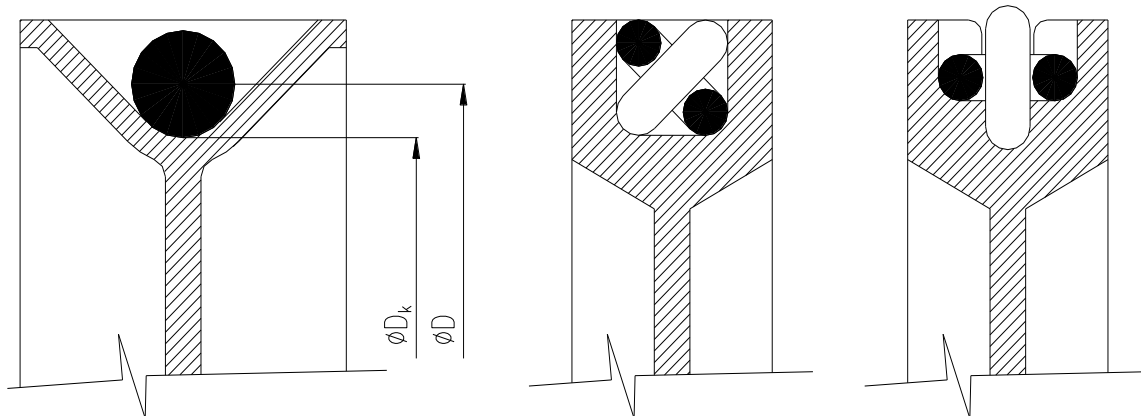
S maximálním dovoleným provozním zatížením řetězů je to stejné jako v případě lan. I zde výrobce udává jmenovitou pevnost řetězu F_{pt} , a pak opět platí:

$$F_{max} = \frac{F_{pt}}{k}$$

➤ Kladky a bubny

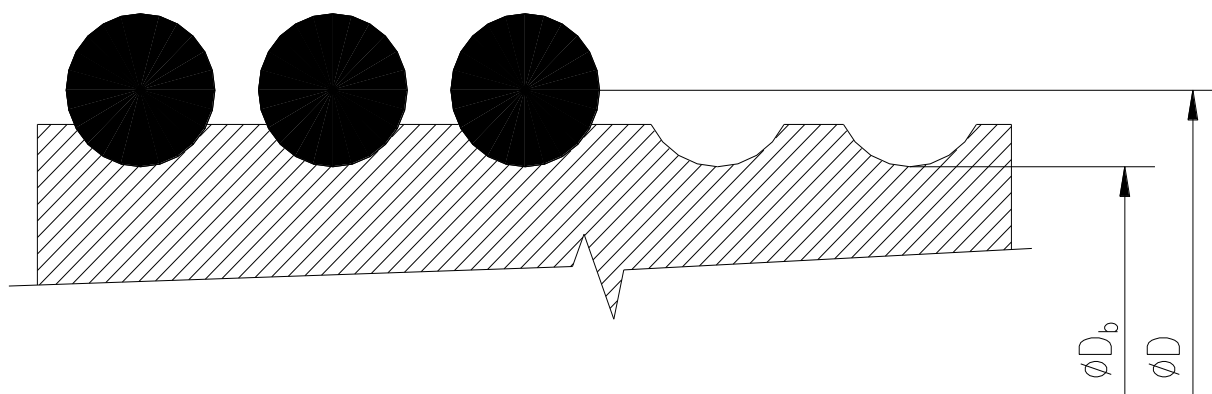
Kladky rozdělujeme na hnací (zajišťují přenos kroutícího momentu z hnací hřídele na lano nebo řetěz), vodící (umožňuje ohyb lana příp. řetězu) a vyrovnávací (zajišťují rovnoměrné zatížení lan či řetězů). Bubny slouží k navíjení lana nebo řetězu.

Rozměry kladek a bubnů jsou závislé na průměru lana a na velikosti jeho zatížení. Se vzrůstající velikostí lana a zatížení roste i průměr kladky.

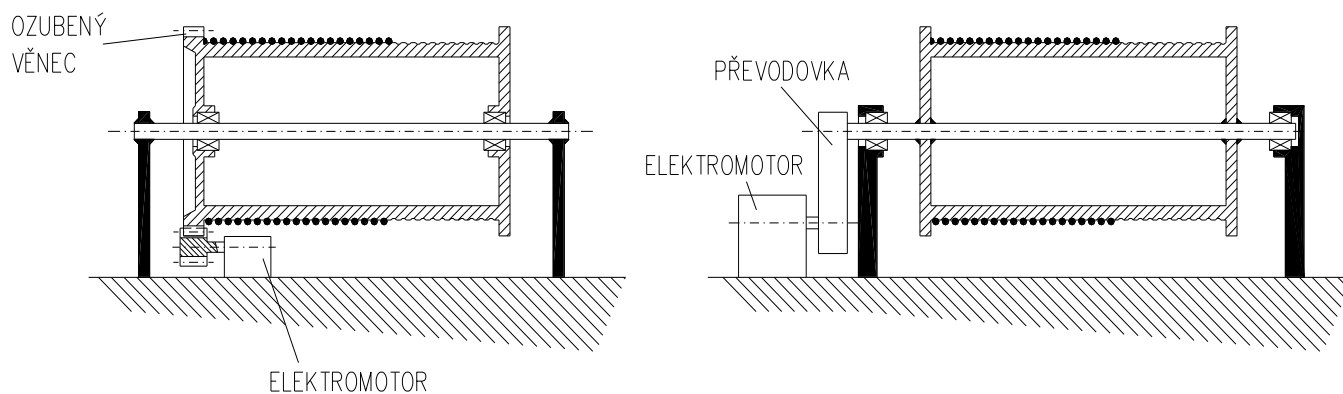


Na náčrtku vlevo je lanová kladka, uprostřed je vodící řetězová kladka a vpravo je hnací řetězová kladka.

Navíjecí bubny pro textilní lana bývají s hladkým povrchem, pro ocelová lana mají na povrchu drážku ve tvaru šroubovice. Lano se pak navíjí jen v jedné vrstvě. Pohon navíjecího bubnu je obvykle elektromotorem přes ozubený převod.



Bubny pro ocelová lana jsou na povrchu opatřeny šroubovitou drážkou.



Vlevo je lanový buben s nehybným hřídelem, vpravo pak s hybným hřídelem.

➤ Brzdy a zdrže

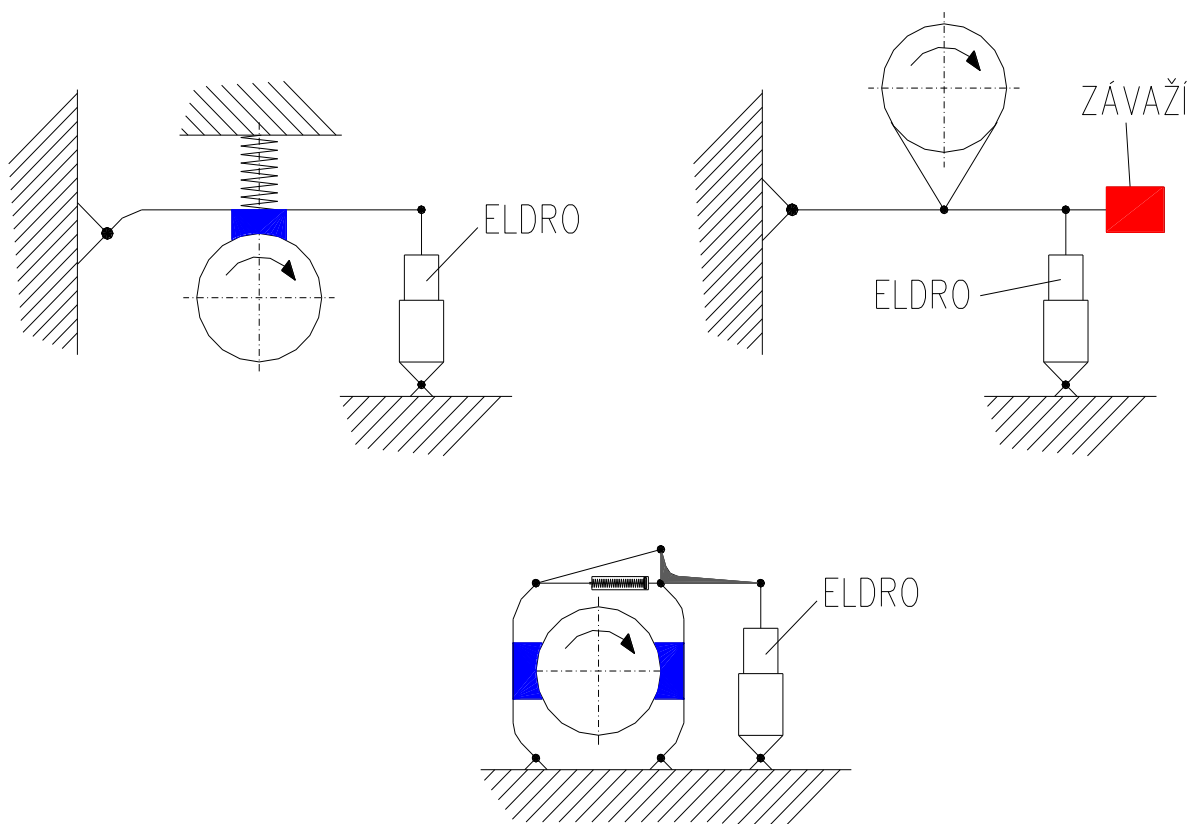
Každé zvedací zařízení musí být v provozu vybaveno účinnou brzdou. Ta musí automaticky zabrzdit a držet břemeno i při přerušení dodávky elektrického proudu do elektromotoru pohonu. Musí tedy mít základní polohu ve stavu „zabrzděno“. Brzda musí být schopna vyvinout brzdňý moment o 20 až 100 % větší, než je kroutící moment vyvozený maximálním břemenem.

Podle konstrukce brzdy dělíme na:

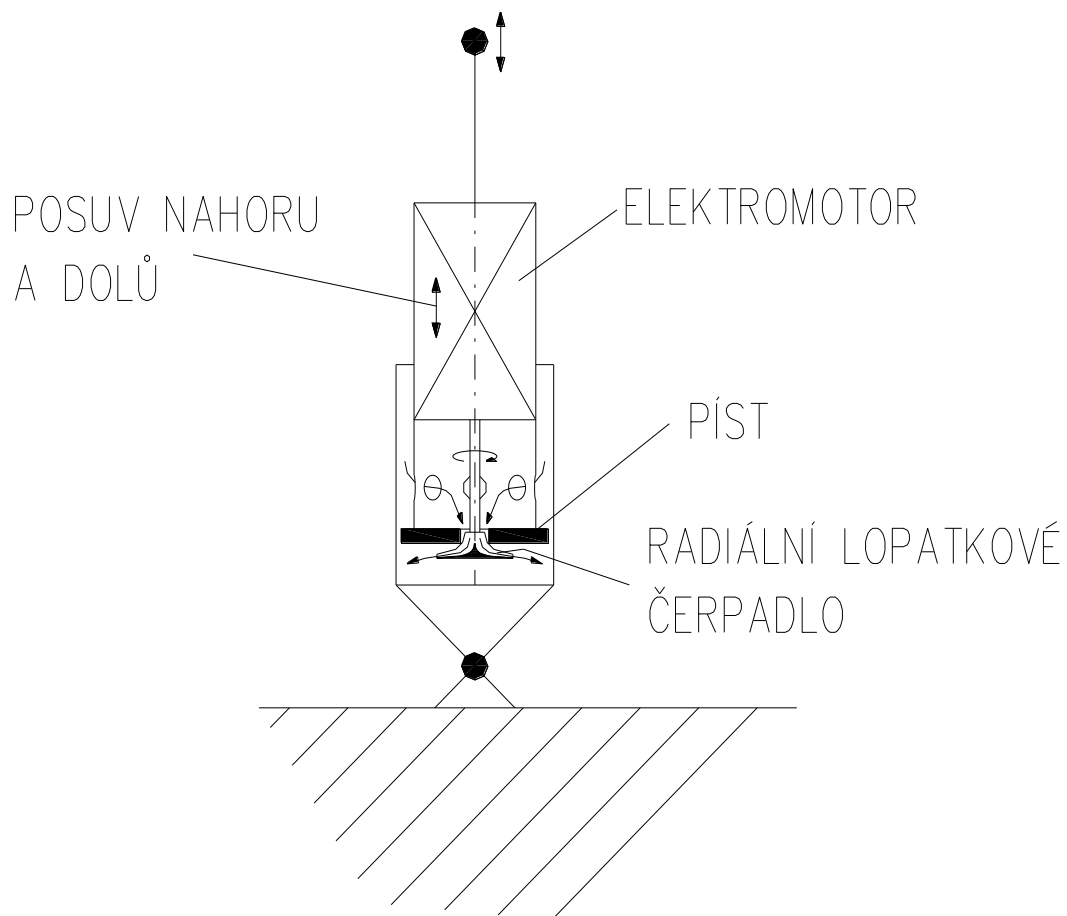
- čelistové (špalíkové)
- pásové
- kuželové

Podle způsobu činnosti je dělíme na:

- **stavěcí** – bez přívodu elektrického proudu je v poloze zabrzděno. Brzdňý moment je vytvořen závažím nebo pomocí pružiny. Současně s přívodem elektrického proudu do motoru bubnu je proud přiveden i do brzdy. Ta se pomocí elektrohydraulického odbrzdovače odbrzdí. Při opětovném vypnutí elektromotoru se také vypne napájení brzdy a ona se automaticky zabrzdí.
- **spouštěcí** – brzda je trvale zabrzděna a při spouštění břemene musí pohon bubnu překonat i její brzdňý moment.
- **regulační** – tyto brzdy snižují rychlost spouštění břemene na požadovanou hodnotu. Jejich brzdňý moment je proměnlivý a je ovládán obsluhou nebo automaticky. Používají se tam, kde je potřeba pomalý a plynulý pohyb břemene.

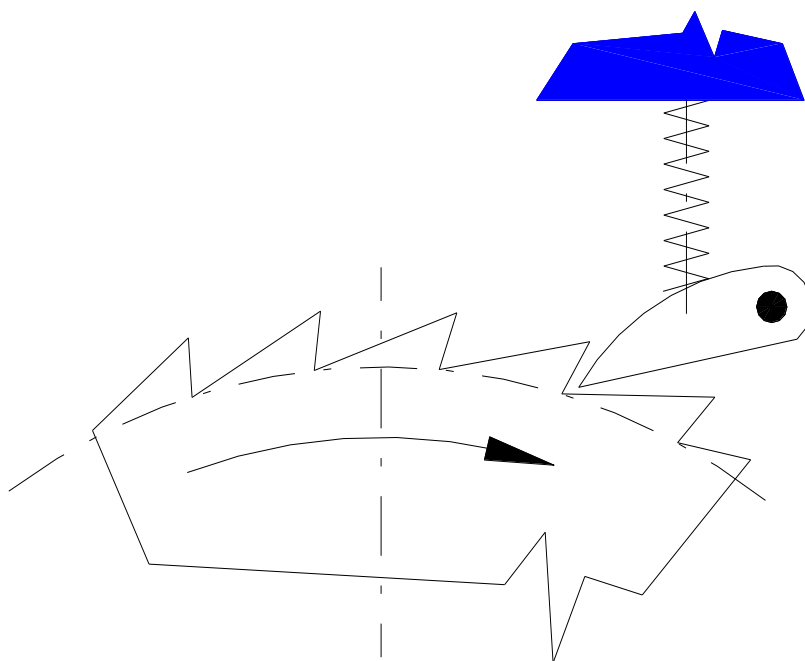


Nahoře vlevo je jednošpalíková brzda, nahoře vpravo je pásová brzda a dole je dvoušpalíková brzda.



Elektrohydraulický odbrzdovač (ELDRO)

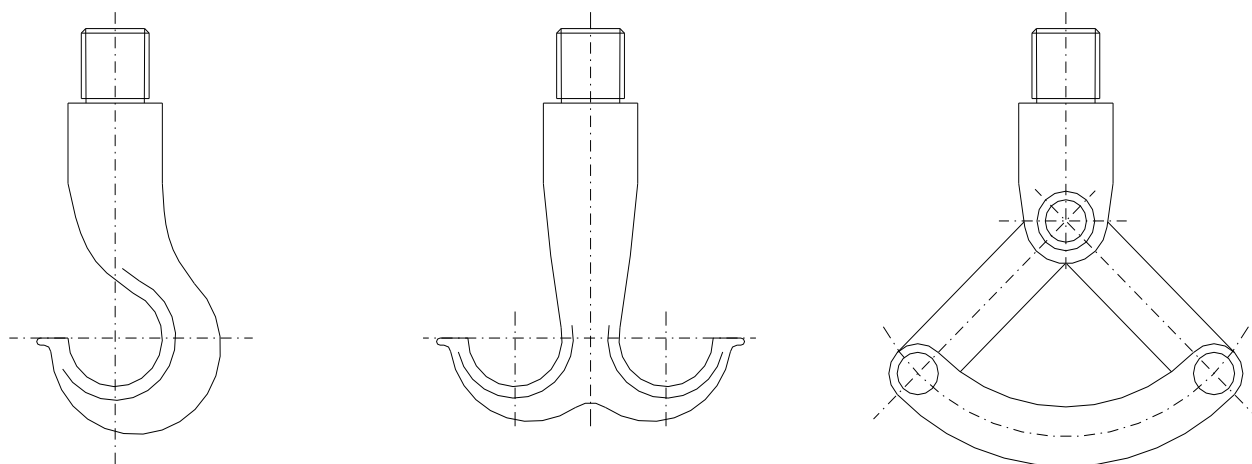
Zdrže zamezují nežádoucímu pohybu. U menších zvedacích zařízení se používají zubové zdrže – západka a rohatka. Odbrzdují se ručně.



Západka a rohatka

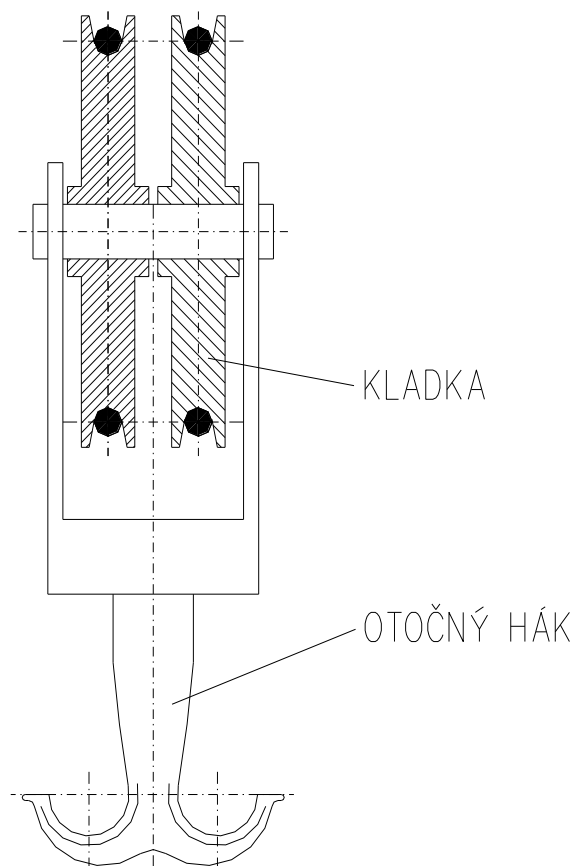
➤ Prostředky k zavěšování a vázání břemen

Zde patří především **háky**. Na ně jsou zvedaná břemena navěšována pomocí lan nebo řetězů. Jsou vyráběny v typizovaných řadách z houževnatých ocelí. Rozlišujeme háky jednoduché, dvojité a uzavřené.



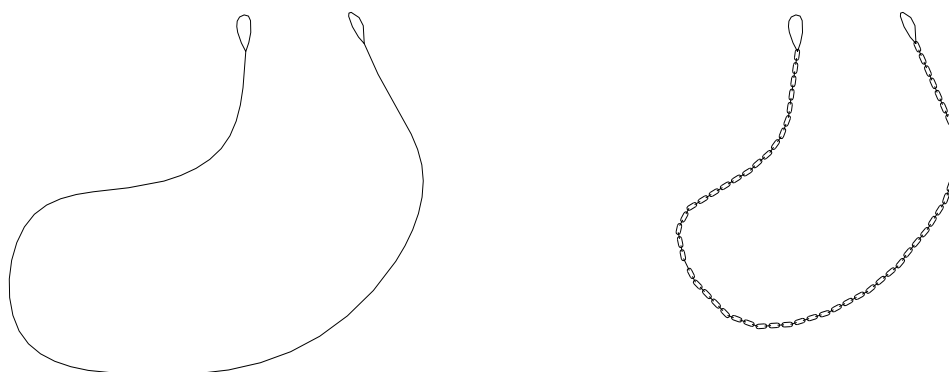
Jednoduchý, dvojitý a uzavřený hák.

Kladnice spojuje hák s kladkami či bubnem. Tíha kladnice dostatečně napíná lana i v případě nezatíženého háku. Kladnice sama má také jednu nebo několik kladek.



Obrázek kladnice

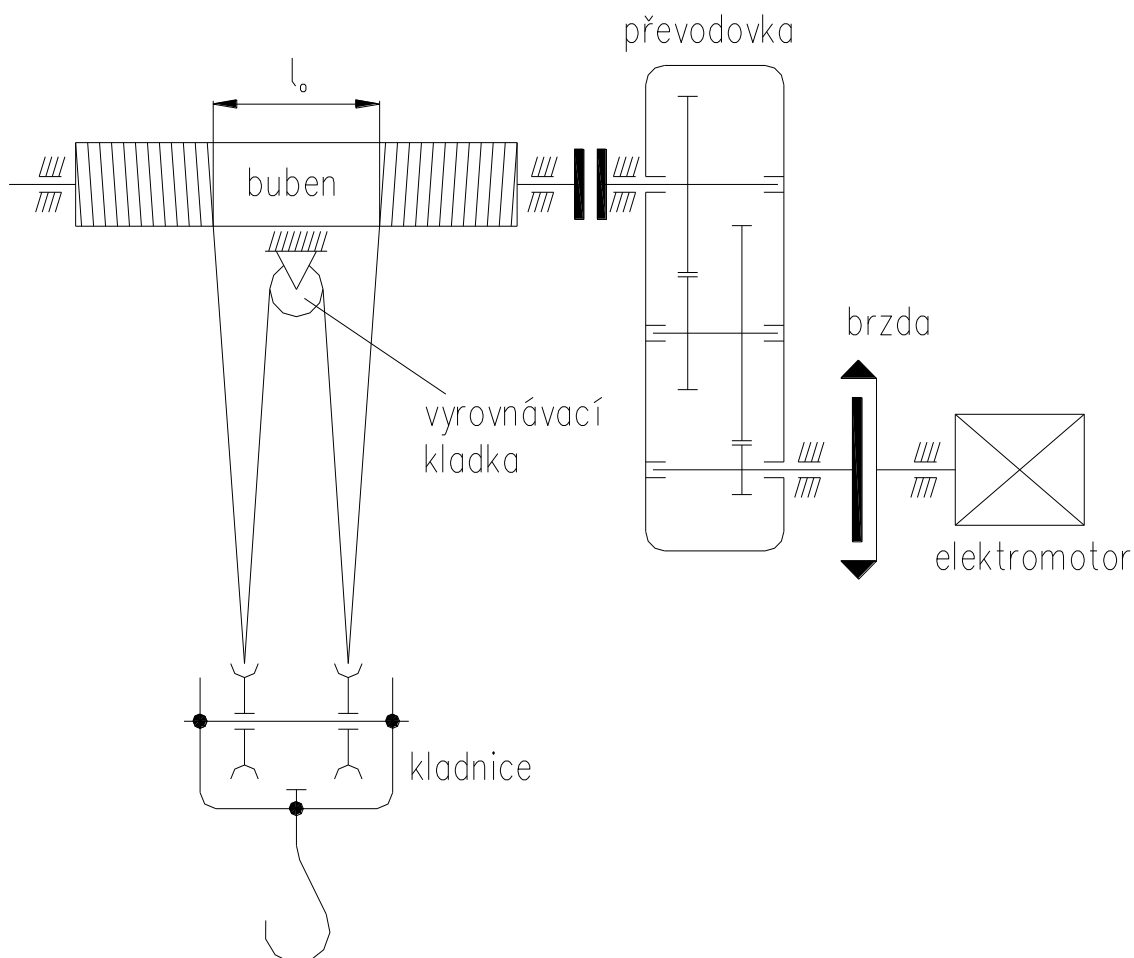
K vázání břemen na háky se používají **lana** nebo **řetězy**.



Na levém obrázku je závěsné lano, na pravém je závěsný řetěz.

➤ Zvedací ústrojí jeřábů

Slouží ke zvedání břemene. Obsahuje pohon, převodovku a brzdou pro zamezení samovolnému spuštění břemene, dále pak navíjecí buben, kladnici a soustavu kladek.



Příklad uspořádání zvedacího ústrojí jeřábu. Horní vyrovnávací kladka vyrovnává nerovnoměrné délky lan při navíjení.

Výpočet zvedacího ústrojí:

Podle hmotnosti břemene volíme uspořádání lanového převodu. Pokud bychom vyšli z předchozího obrázku, pak pro maximální zatěžující sílu v jednom průřezu lana platí:

$$F_1 = \frac{(m + m_k) \cdot g}{i \cdot \eta_{kl}}$$

kde m je nosnost jeřábu,

m_k - hmotnost kladnice,

i - počet nosných průřezů lana (v obrázku $i = 4$),

η_{kl} - účinnost kladnice

Znásobíme-li vypočtenou F_1 bezpečností k , získáme jmenovitou pevnost lana:

$$F_{pt} = F_1 \cdot k$$

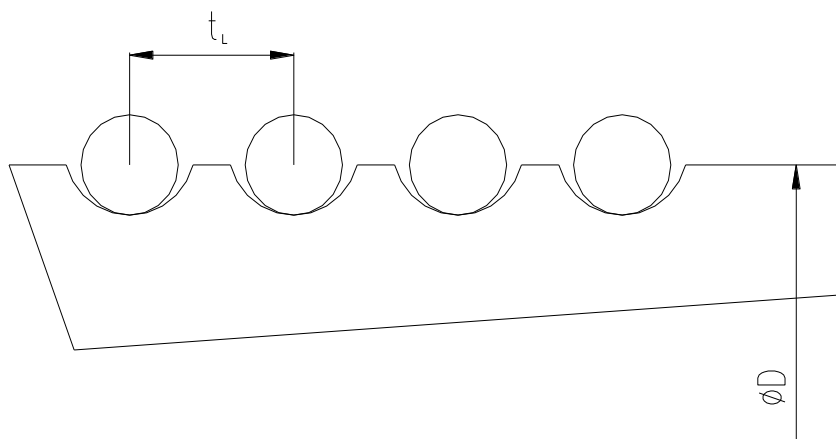
Z tabulek pak zjistíme minimální průměr lana a minimální průměr kladek a bubnu (podle nejmenšího možného ohnutí lana)

Počet závitů na bubnu se pak stanoví ze vzorce:

$$N = \frac{h_z \cdot i}{\pi \cdot D} + (3 \div 4)$$

kde h_z je zdvih jeřábu,

D - průměr bubnu



Délku bubnu pak vypočteme:

$$l_b = N \cdot t_L + l_o$$

kde t_L je rozteč mezi závitů navinutého lana,

l_o - volná délka bubnu, kde již není lano (okraje bubnu apod.)

Počet otáček bubnu je dán vztahem:

$$n_b = \frac{v_z \cdot i_{kl}}{\pi \cdot D}$$

kde v_z je požadovaná rychlost zvedání břemene,

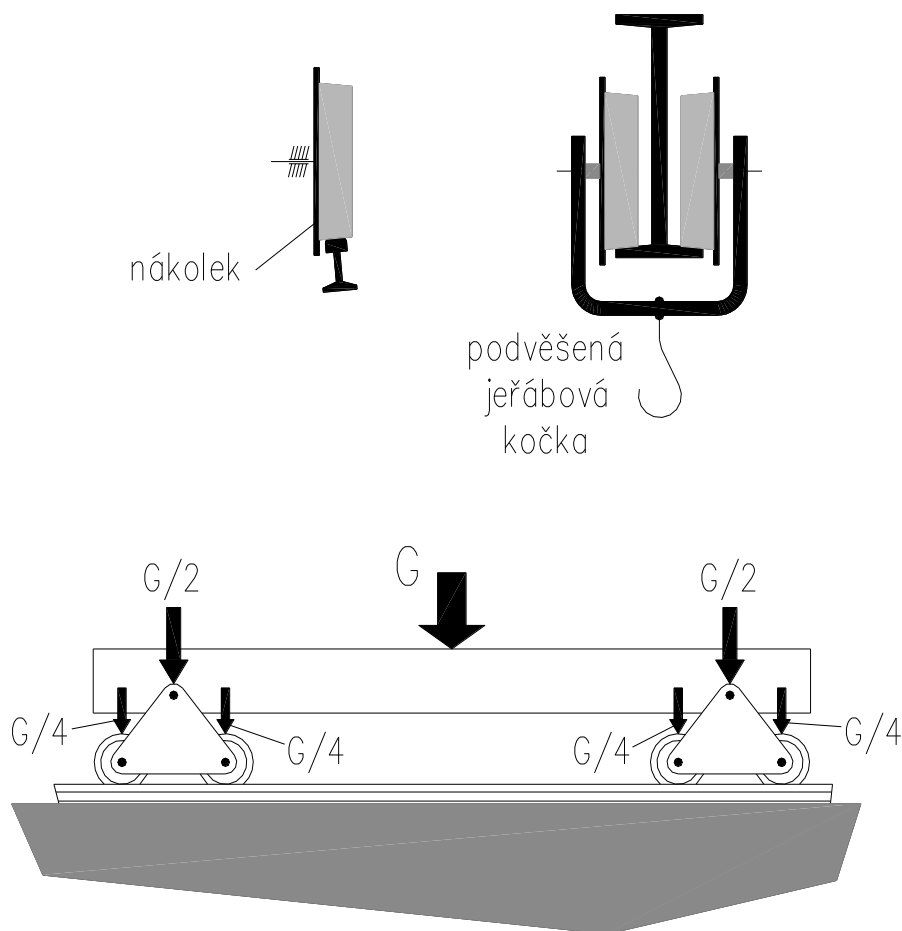
i_{kl} - převod kladkostroje (v obrázku $i_{kl} = 2$)

Elektromotor pohonu pak musí mít příkon daný vztahem:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = \frac{(m + m_k) \cdot g \cdot v_z}{\eta_{celk}}$$

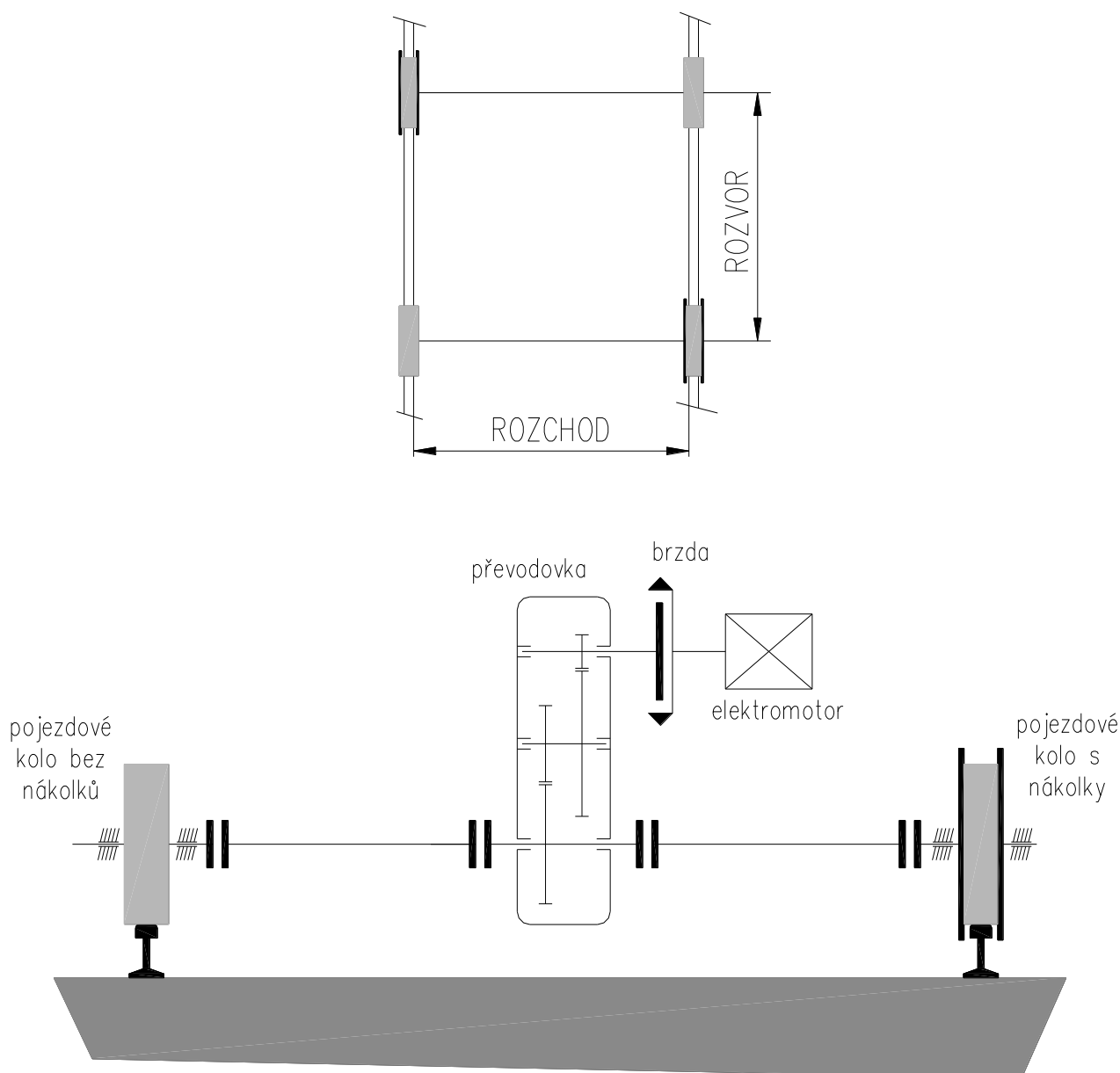
➤ Pojezdové ústrojí jeřábů a jeřábových koček

Pojezdovým ústrojím jsou vybaveny všechny pohyblivé jeřáby (mostové, portálové apod.) a také jeřábové kočky. Pojezdy jsou řešeny prostřednictvím kolejnic a pojezdových kol s nákolky. Pokud je pojezdových kol více než 4, je jeřáb vybaven vahadlovými závěsy, které zajistí rovnoměrné rozložení zatěžující síly na všechna kola.



Druhy pojezdů jeřábů

Na jeřábu je obvykle poháněna jen polovina pojezdových kol. Je to proto, aby se jeřáb při pojíždění nevzpříčil v důsledku nestejně obvodové rychlosti pravých a levých kol. Vzpříčení může způsobit i nedostatečný rozvor jeřábového pojezdu. Řešením je centrální uspořádání pohonu pojezdu.



Výpočet výkonu motoru jeřábového pojezdu

Platí vztah:

$$P_p = \frac{\delta \cdot (F_t + F_w) \cdot v_p}{\eta_c}$$

kde δ je součinitel pasívních odporů a síly větru (0,8 až 1),

F_t - tažná síla pro překonání pasívních odporů (tření a valivý odpor),

F_w - tažná síla pro překonání odporu větru,

v_p - rychlost pojíždění

η_c - celková mechanická účinnost

Pro překonávání odporu třecího a valivého platí vzorec:

$$F_t = (m + m_p) \cdot g \cdot \left(\frac{e}{R_K} + \frac{f_{\check{c}} \cdot r}{R_K} \right)$$

kde m je hmotnost břemene,

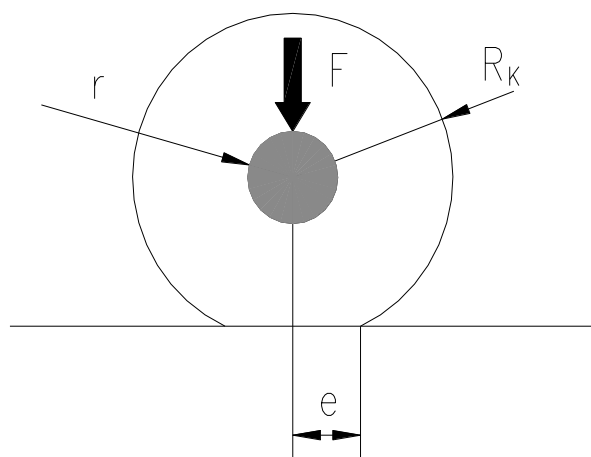
m_p - hmotnost pojízdné části jeřábu,

e - rameno valivého odporu,

$f_{\check{c}}$ - součinitel čepového tření,

r - poloměr čepu,

R_K - poloměr kola



Obrázek znázorňuje rameno valivého odporu e .

Pro překonávání odporu větru platí vzorec:

$$F_w = p_w \cdot c_w \cdot S$$

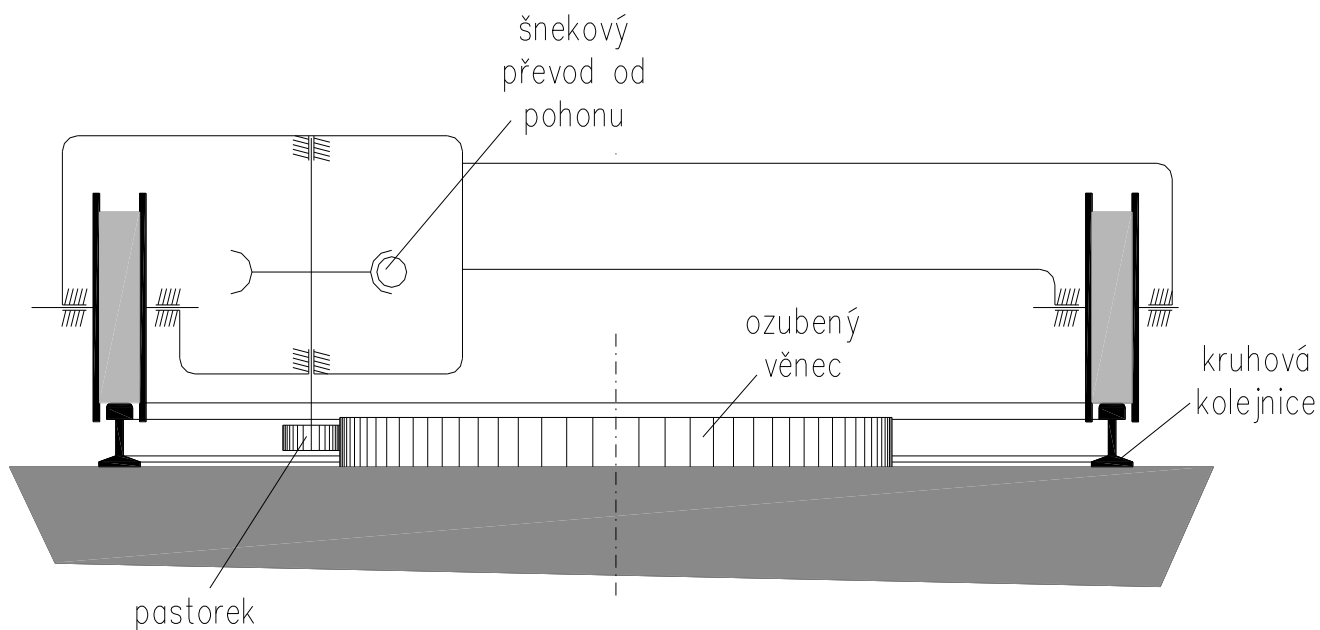
kde p_w je dynamický tlak větru (150 Pa),

c_w - tvarový součinitel,

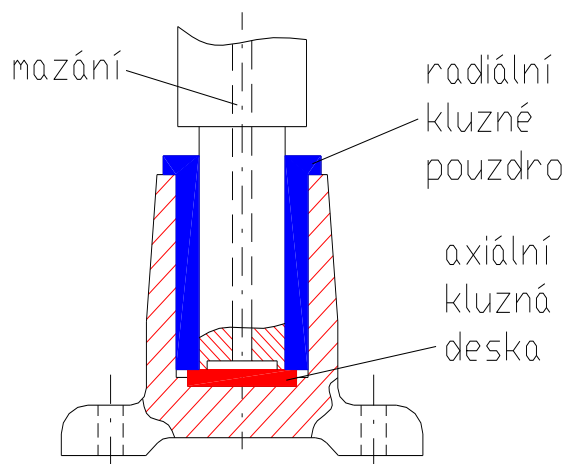
S - náporová plocha

➤ Otáčecí ústrojí jeřábů

Otáčecím ústrojím jsou obvykle vybaveny věžové, sloupové a vozidlové jeřáby. Jeho konstrukční řešení mohou být rozličná. Například může být použita kruhová kolejnice, po které se pohybují pojezdová kola. Soustředně s kolejnicí je umístěn ozubený věnec, do kterého zabírá pastorek jeřábu, poháněný elektromotorem přes šnekový převod.



U sloupových jeřábů bývá často použito velké kluzné patní ložisko.



➤ Nosné konstrukce jeřábů

Používají se tyto:

- Příhradová konstrukce
- Skříňová konstrukce
- Malé jeřáby – konstrukce z I-profilů