

Kapitola 1 – Dopravní a zdvihací stroje

Předmět: Stavba a provoz strojů

Ročník: 4.

Anotace: Digitální učební materiál poskytuje ucelený přehled o základním dělení prvcích a typech používaných jeřábu. Ať už se jedná o jeřáby portálové, věžové nebo mobilní, vždy je daná problematika podpořena kvalitními vizuálními pomůckami.

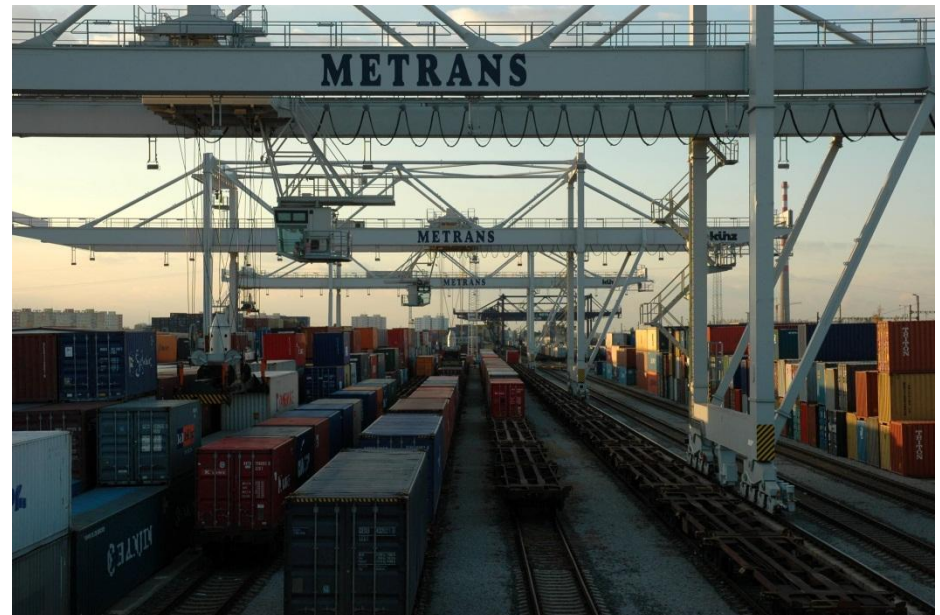
Klíčová slova: jeřáb, portálový jeřáb, přístavní jeřáb, mostový jeřáb

Rozdělení dopravních a zdvihacích strojů

- ▶ **Podle užití typických konstrukčních znaků**
 1. Zdvihadla
 2. **Jeřáby**
 3. Dopravníky
 4. Výtahy
 5. Motorová vozidla (silniční)

2) Jeřáby (19-38)

- ▶ Jde o zdvihací zařízení pro **vodorovné a svislé přemístování** břemen ve vymezeném prostoru.
 - ▶ **Svislé přemístování** – pomocí zdvihu a spuštění
 - ▶ **Vodorovné přemístování** – pomocí pojezdu, otočené nebo sklápění
-
- ▶ Hlavní části jeřábu jsou:
 - **nosná konstrukce**
 - **zdvihací ústrojí**
 - **pojezdové ústrojí**
 - **otočné ústrojí**
 - **sklápěcí ústrojí**



Obr. 1: Portálový jeřáb v kontejnerovém terminálu Praha-Uhřetěves [3]

Základní rozdělení jeřábů

Základní rozdělení je součástí příslušných ČSN ISO norem, kde jsou jeřáby dle základních hledisek děleny na:

▶ **mobilní**

- umístěné na podvozku, např. autojeřáby (obr 2)

▶ **věžové**

- stabilní s vysokou věží, např. klasické stavební jeřáby (obr 3)

▶ **portálové**

- tvořící pojízdný portál, pohybující se po kolejnicích na zemi (obr 4)

▶ **mostové a portálové mostové**

- podobné portálovým, ovšem pohybující se po kolejnicích na mostě (obr 5)



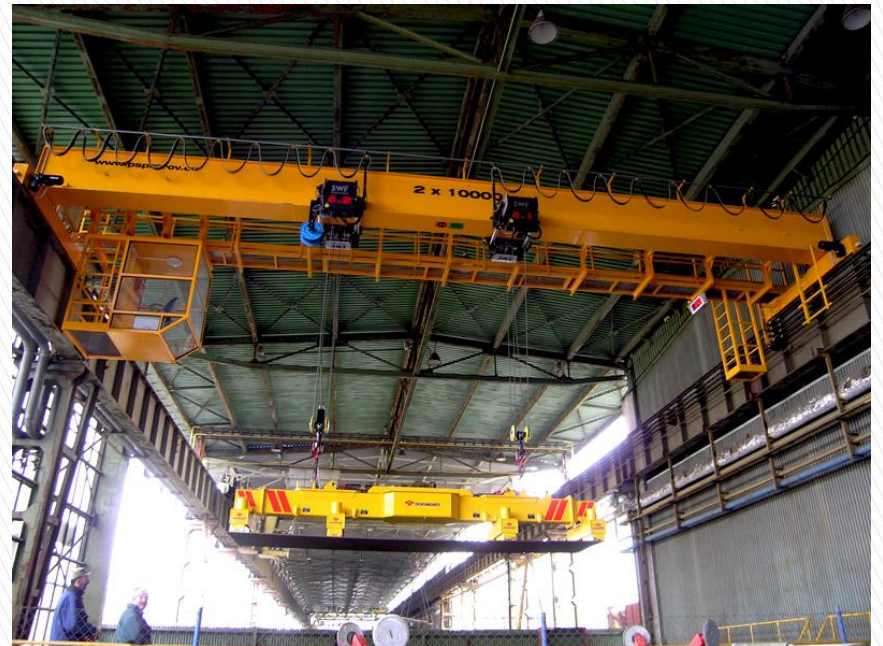
Obr. 2: Příklad mobilního jeřáb AD30 [4]



Obr.4: Příklad věžového jeřábu LIEBHER [5]



Obr. 3: Příklad portálového jeřábu [7]



Obr. 5: Příklad mostového jeřábu [6]

Pokročilé rozdělení jeřábů

▶ Podle typu pohonu:

- ruční
- elektrické
- spalovací motor
- hydraulický
- pneumatický

▶ Podle druhu pohybu:

- nepojízdné
- pojízdné
- otočné
- plovoucí
- se sdruženými pohyby

▶ Podle druhu práce a místa použití:

- montážní
- dílenské
- hutní
- skladové
- stavební
- železniční
- přístavní

▶ Podle celkového tvaru:

1. mostové
2. portálové a poloportálové
3. konzolové
4. sloupové a věžové
5. vozidlové
6. plovoucí

Klasifikace jeřábů dle ČSN 4301/1

- ▶ Skupinová klasifikace jako celku (značí se A1 až A8):
 - Určuje se z následujících kritérii:
 - **Třída využívání jako celku (U0 až U9):**
 - Určité množství pracovních cyklů, které uživatel očekává po dobu životnosti.
 - **Stav zatěžování jako celku (Q1 až Q4):**
 - Určuje kolikrát se zvedne břemeno určité hmotnosti s ohledem na nosnost jeřábu. (Q1 – obvykle lehká břemena, zřídka těžká, Q4 - naopak)
- ▶ Klasifikace mechanismu (M1 až M8):
 - Určuje se z následujících kritérii:
 - **Třída využívání mechanismů (T0 až T9):**
 - Uvažované celkové vytížení, stupně nepravidelné až intenzivní využívání.
 - **Stav zatěžování mechanismů (L1 až L4):**
 - Udává v jakém rozsahu je mechanismus vystaven maximálnímu nebo sníženému zatížení (L1 – obvykle lehké zatížení, zřídka maximální, L4 - naopak)

Hlavní parametry jeřábů dle ČSN 4306-1

- ▶ Parametry zatížení:
 - konstrukční hmotnost, celková hmotnost, zatížení kola, moment břemena, klopný moment,
- ▶ Lineární parametry jeřábu:
 - vodorovný dojezd, výška a rozsah zdvihu, hloubka spuštění, výška jeřábové dráhy, vyložení
- ▶ Rychlosti pracovních pohybů
 - Rychlost zdvihu, spuštění, otáčení a pojezdu břemena, přepravní rychlost, doba operačního cyklu
- ▶ Parametry spojené s jeřábovou dráhou
 - Úroveň postavení jeřábu, rozpětí, rozchod kolejnic, rozvor, sklon, poloměr zakřivení, poloměr otáčení.
- ▶ Všeobecné parametry
 - Klasifikační skupina a průjezdní profil jeřábu

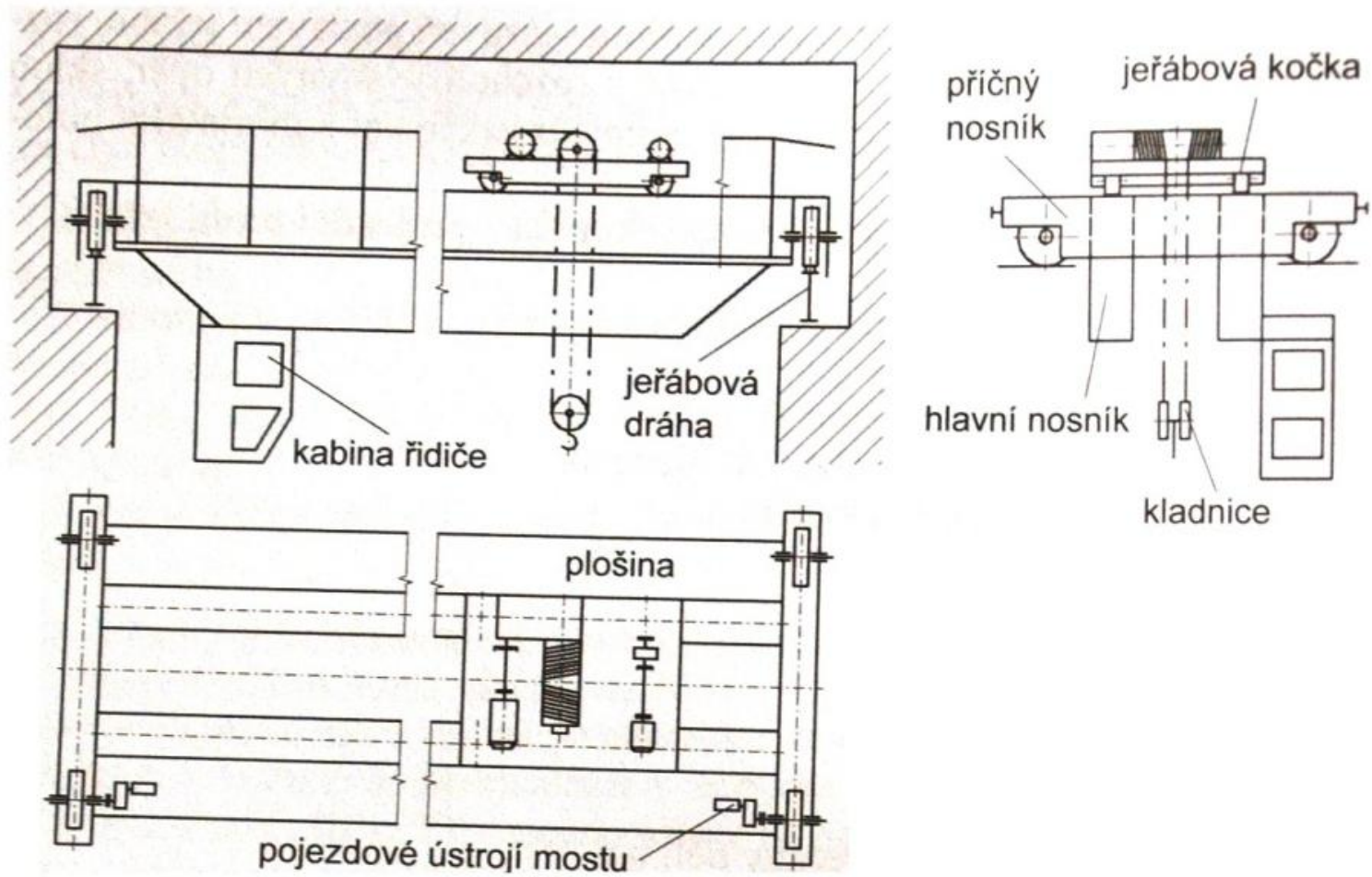
Hlavní parametry jeřábů dle ČSN 4306-1

- ▶ Parametry zatížení:
 - konstrukční hmotnost, celková hmotnost, zatížení kola, moment břemena, klopný moment,
- ▶ Lineární parametry jeřábu:
 - vodorovný dojezd, výška a rozsah zdvihu, hloubka spuštění, výška jeřábové dráhy, vyložení
- ▶ Rychlosti pracovních pohybů
 - Rychlost zdvihu, spuštění, otáčení a pojezdu břemena, přepravní rychlost, doba operačního cyklu
- ▶ Parametry spojené s jeřábovou dráhou
 - Úroveň postavení jeřábu, rozpětí, rozchod kolejnic, rozvor, sklon, poloměr zakřivení, poloměr otáčení.
- ▶ Všeobecné parametry
 - Klasifikační skupina a průjezdní profil jeřábu

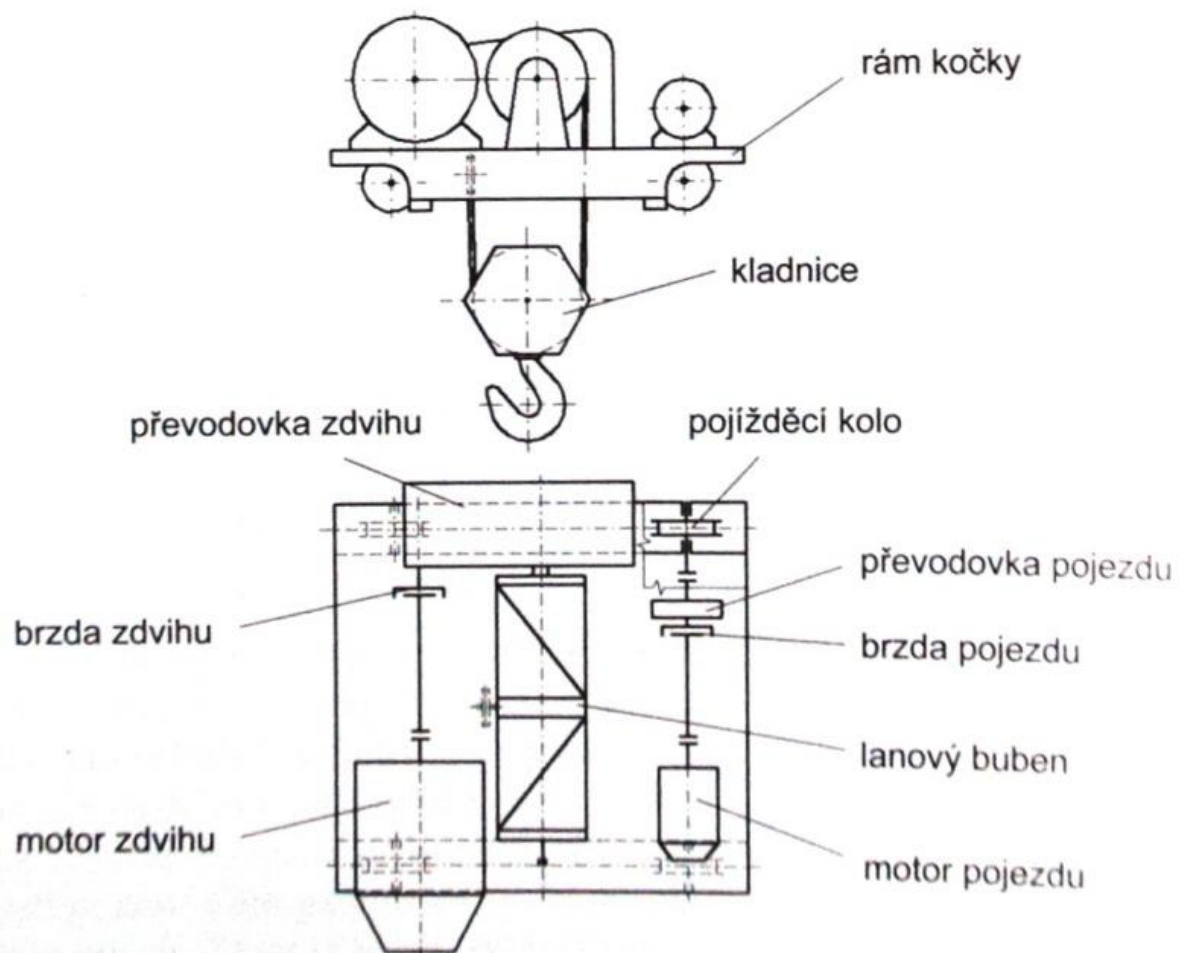
Mostové jeřáby

- ▶ Konstrukce je tvořena jeřábovým mostem, který pojíždí po vyvýšené dráze.
- ▶ Pracovní pole je obdélníkové.
- ▶ Obvykle používány v halách (hutní, montážní, dílenské, stohovací)
- ▶ Dělí se na běžné, podvěsné a speciální.
- ▶ **Běžné mostové jeřáby** pojíždí po horních plochách kolejnic a dělí se na:
 - Jednonosníkové – konstrukci tvoří jeden nosník, nosnost až 10 tun a rozpětí až 25 m
 - Dvounosníkové – tvořen dvěma nosíky, nosnost až 80 tun, rozpětí do 32 m
- ▶ **Podvěsné mostové jeřáby** jsou jednonosníkové zavěšená na visuté dráze. Po spodních přírubách (U nebí I profil) projíždí jeřábová kočka. Nosnost je obvykle do 10 tun.
- ▶ **Speciální mostové jeřáby** mají speciální konstrukci, např. stohovací jeřáby, které jsou určeny pro sklady, kde ukládají břemena v několika vrstvách do stohů.

<http://www.mecalux.cz/automaticky-sklad/tistranny-stohovaci-jeřab-palety>



Obr. 6: Mostový jeřáb dvounosníkový [1]



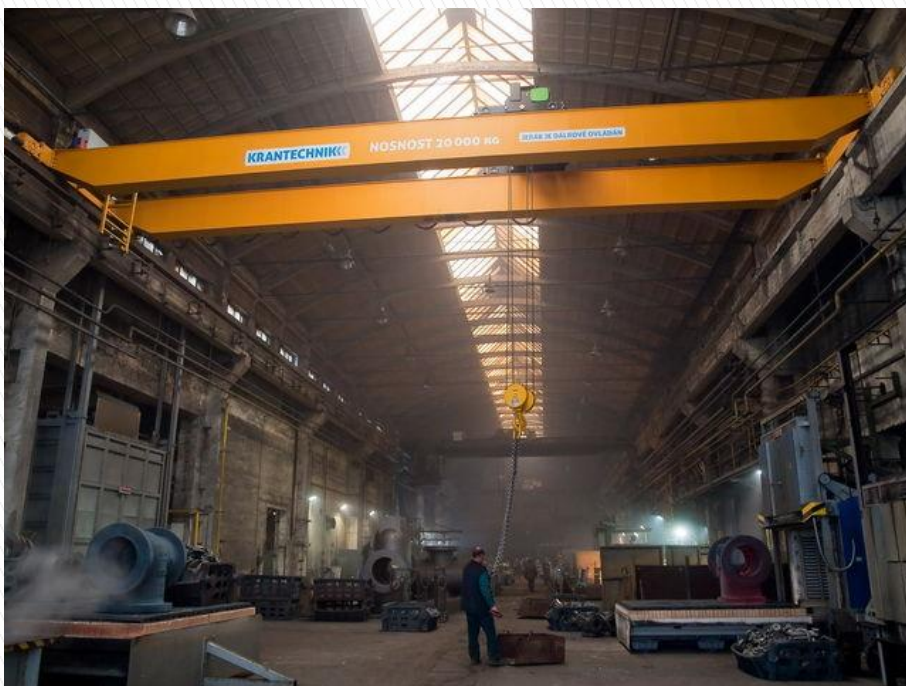
Obr. 7: Jeřábová kočka dvukolejnicová s jedním zdvihem[1]



Obr. 8: Příklad podvěsného jeřábu [9]



Obr. 9: Příklad jednonosíkového jeřábu [11]



Obr. 10: Příklad dvounosíkového jeřábu [10]

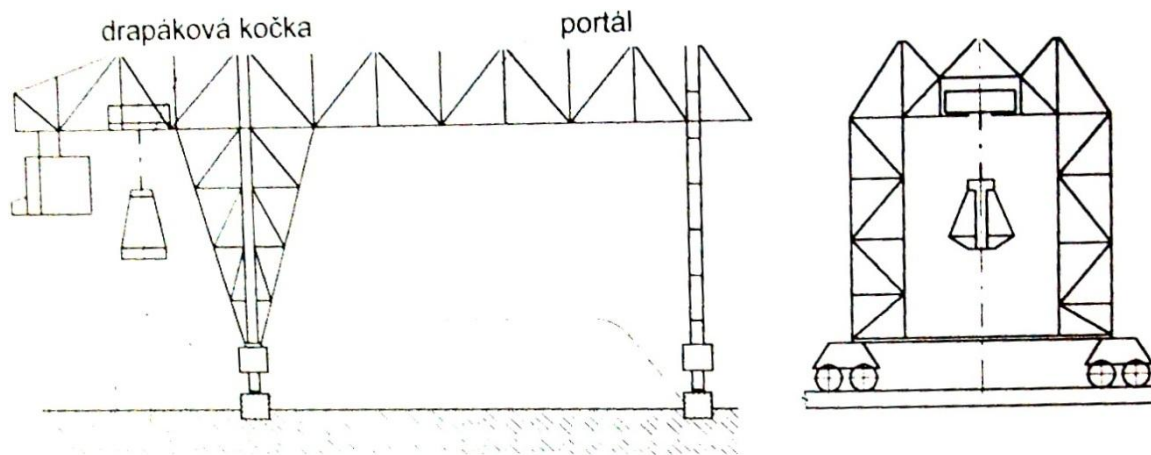


Obr. 11: příklad speciálního stohovacího jeřábu [8]

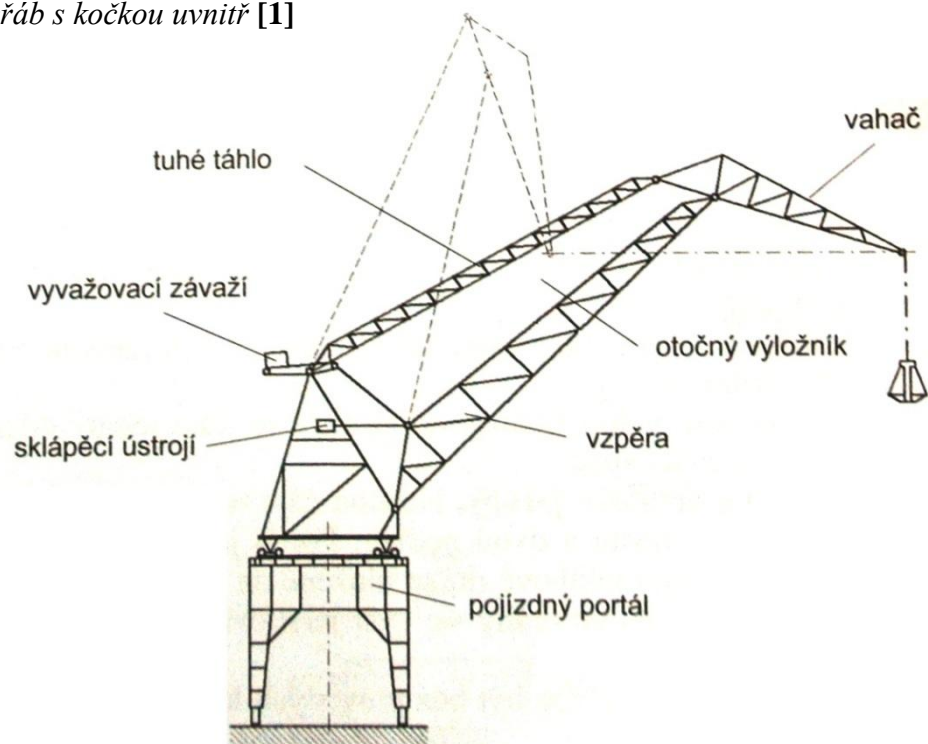
Portálové a poloportálové jeřáby

- ▶ Konstrukce je tvořena tzv. portálem (jeřábový most s dvěma podpěrami)
- ▶ Portál může být stabilní nebo pojízdní po koleji.
- ▶ Poloportálový jeřáb má namísto jednoho nosníku budovu nebo zeď.
- ▶ Používají se převážně ve venkovních prostorech.

- ▶ Dle konstrukce se portálové, resp. Poloportálové jeřáby dělí na:
 - **Portálové s kočkou**
 - Používané pro překládku materiálu, běžný typ
 - **Portálové s otočným výložníkem**
 - Na portálu mají otočnou část, typicky přístavní jeřáby
 - **Portálové pro velká rozpětí**
 - Obvykle překládací mosty



Obr. 12: Portálový jeřáb s kočkou uvnitř [1]

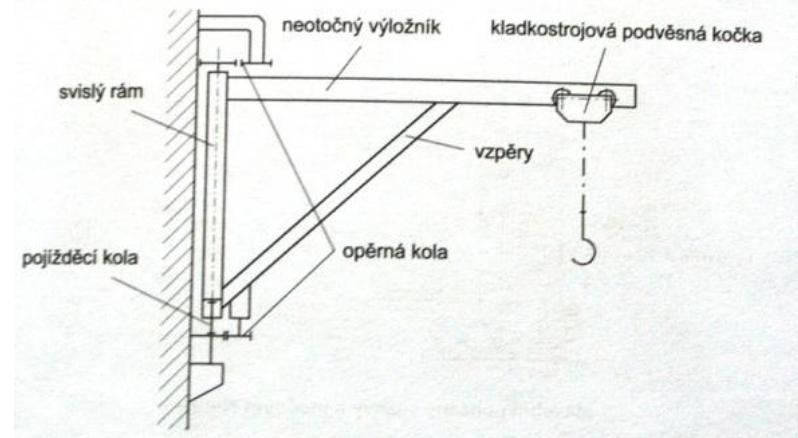


Obr. 13: Přístavní portálový jeřáb s otočným výložníkem [1]

Konzolové jeřáby

- ▶ Jsou tvořeny ze **svislého rámu a vodorovného ramena** (tzv. výložník)
- ▶ Svislý rám je připevněn na stěnu.
- ▶ Pojízďecí kola zachycují tíhu, opěrná kola zachycují klopný moment.
- ▶ Obvykle slouží jako jeřáby montážní nebo dílenské.

- ▶ Dle konstrukce se dělí na:
 - **Otočné**
 - Neotáčí se, pouze po vodorovném rameni pojíždí kočka
 - **Neotočné**
 - Výložník se otáčí v ose svislého rámu.

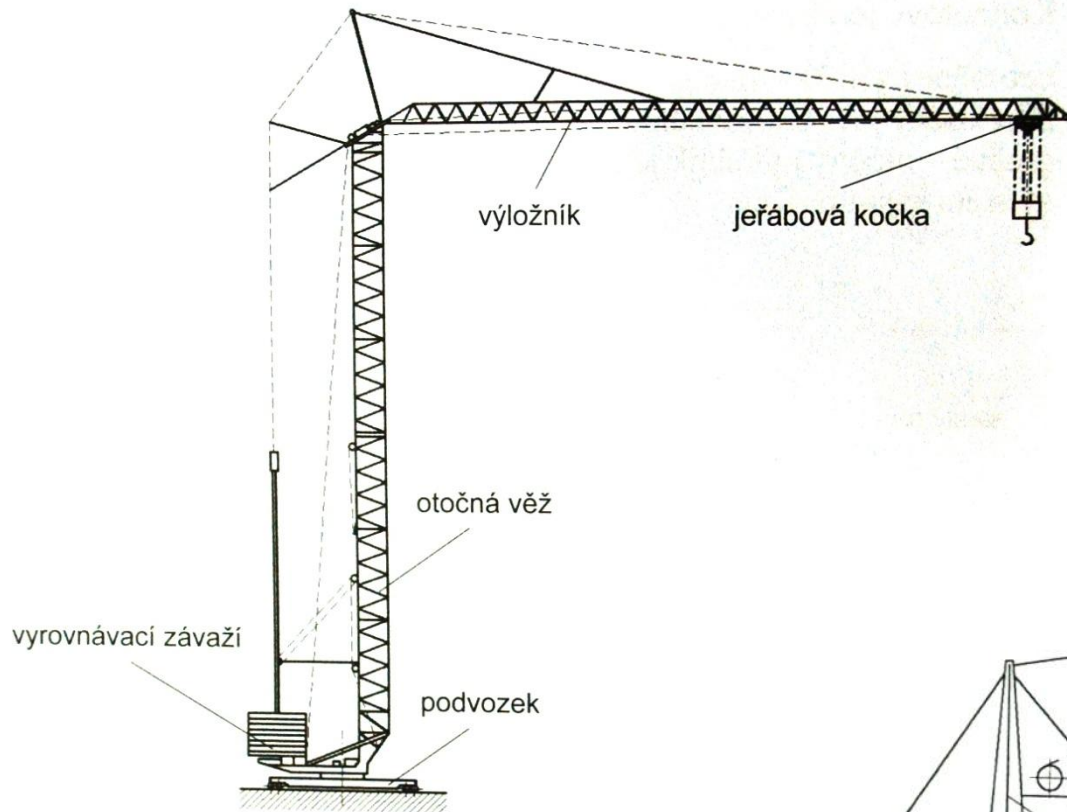


Obr. 14: Konzolový jeřáb [1]

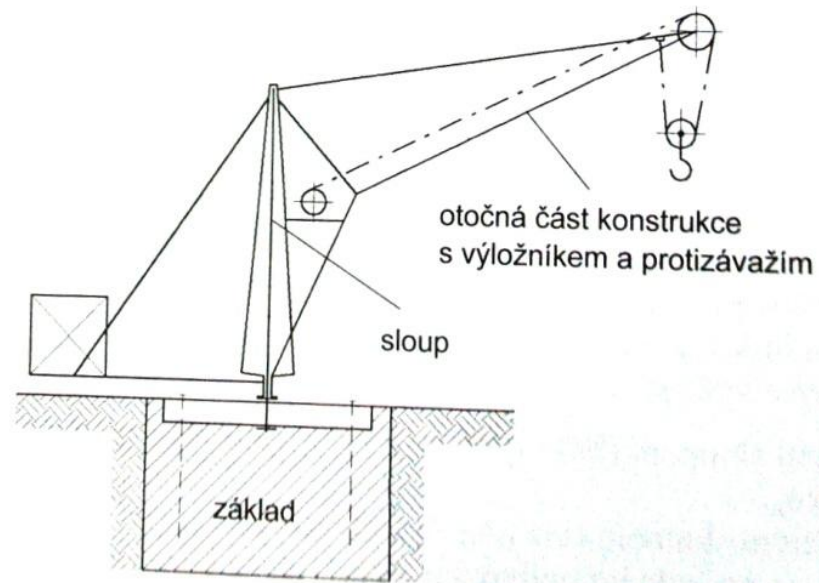
Sloupové a věžové jeřáby

- ▶ Konstrukce se otáčí buď celá nebo jen její vodorovná část.
- ▶ Na konci bývá opatřen mohutným **závažím** (na zemi nebo ve vzduchu)
- ▶ Věž (sloup) je nejčastěji **příhradový** (čtvercový nebo trojúhelníkový průřez)
- ▶ Jejich hlavní použití je **stavebnictví**, kdy se používají jako jeřáby stavební.

- ▶ Dle konstrukce se dělí na:
 - **S otočným sloupem**
 - Otáčí se celá konstrukce jeřábu i se sloupem, který je pojízdný.
 - **S neotočným sloupem**
 - Sloup je kotven napevno a otáčí se jen vodorovné rameno.



Obr. 15: Věžový jeřáb – stavební pojízdný s otočným sloupem [1]



Obr. 16: Věžový jeřáb s nehybným sloupem (kotveným v základu)[1]

Vozidlové jeřáby

- ▶ Otočná konstrukce je umístěna na pojízdném podvozku vozidla.
- ▶ Výložník je vyjma jednoduchých příhradových jeřábů teleskopický (výsuvný)
- ▶ Obvykle se používají oba typy jako jeřáby montážní, ovšem kolejové jeřáby jsou velmi nápomocné při likvidaci následků vlakových nehod.
- ▶ Dle typu vozidla se dělí na:
 - **Silniční**
 - Jeřáb je uložen na automobilovém podvozku, např. ČKD AD 10, AD 20, AD 30)
 - Existuje i zkrácená vyprošťovací varianta řady ČKD AV
 - **Kolejové**
 - Sloup je kotven napevno a otáčí se jen vodorovné rameno, např. KIROW EDK 500, 750



Obr. 17: Mobilní jeřáb ČKD AD20.2 na podvozku TATRA [4]



Obr. 18: Mobilní jeřáb ČKD AD14 na podvozku TATRA [4]

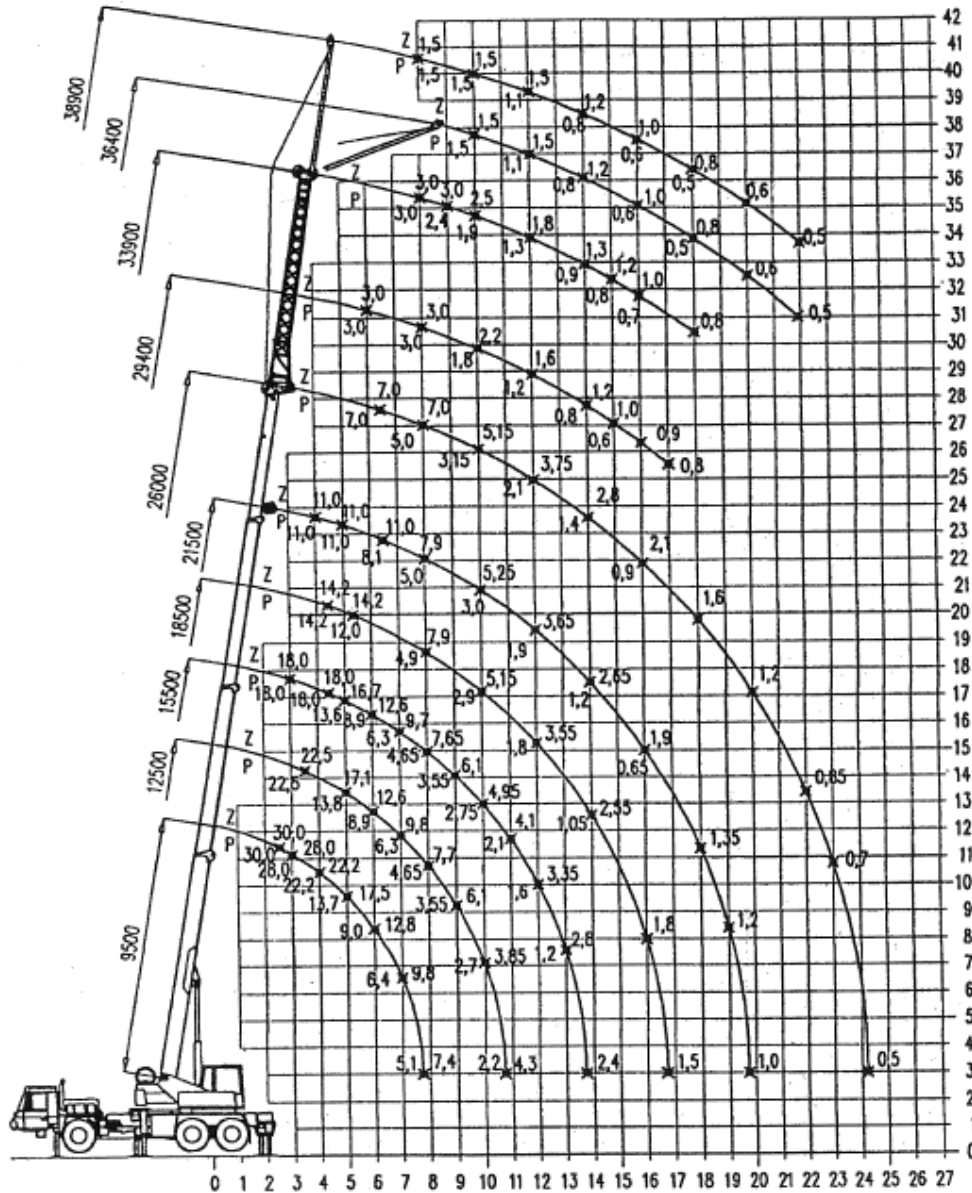


Obr. 19: Mobilní jeřáb ČKD AV20 (vyprošťovací) na podvozku TATRA 6x6 určená pro záchranné složky [4]



Obr. 20: Mobilní jeřáb ČKD AD30 na podvozku TATRA [4]

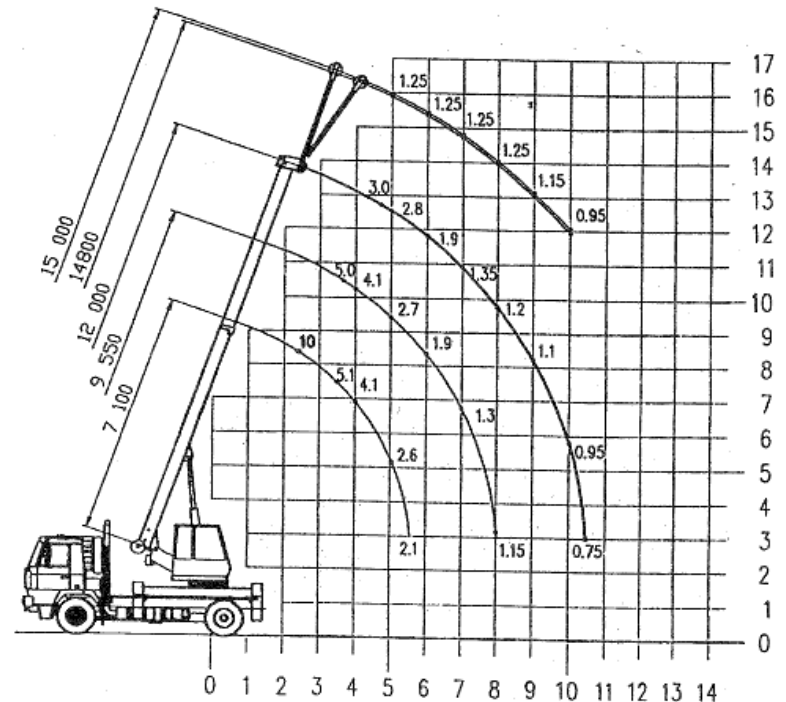
Srovnání křivek nosnosti u jeřábu AD 30 a AD 10



Obr. 21: Křivka nosnosti u ČKD AD30 [4]



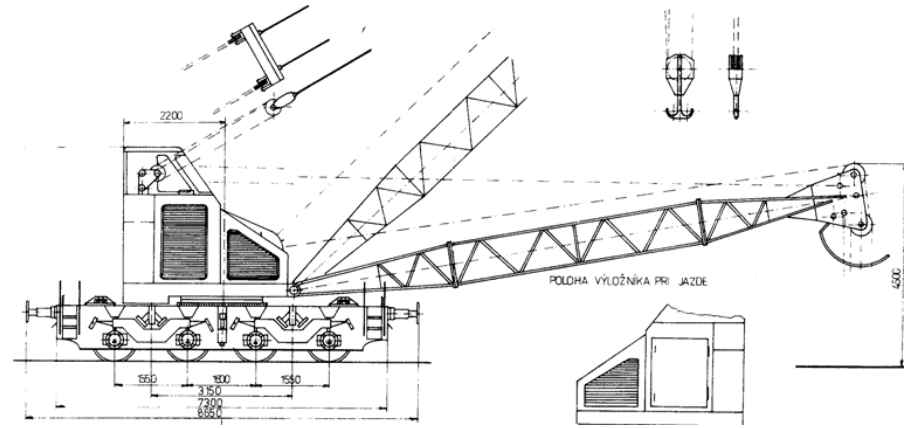
Obr. 22: Mobilní jeřáb ČKD AD10 na podvozku TATRA [4]



Obr. 23: Křivka nosnosti u ČKD AD10 [4]



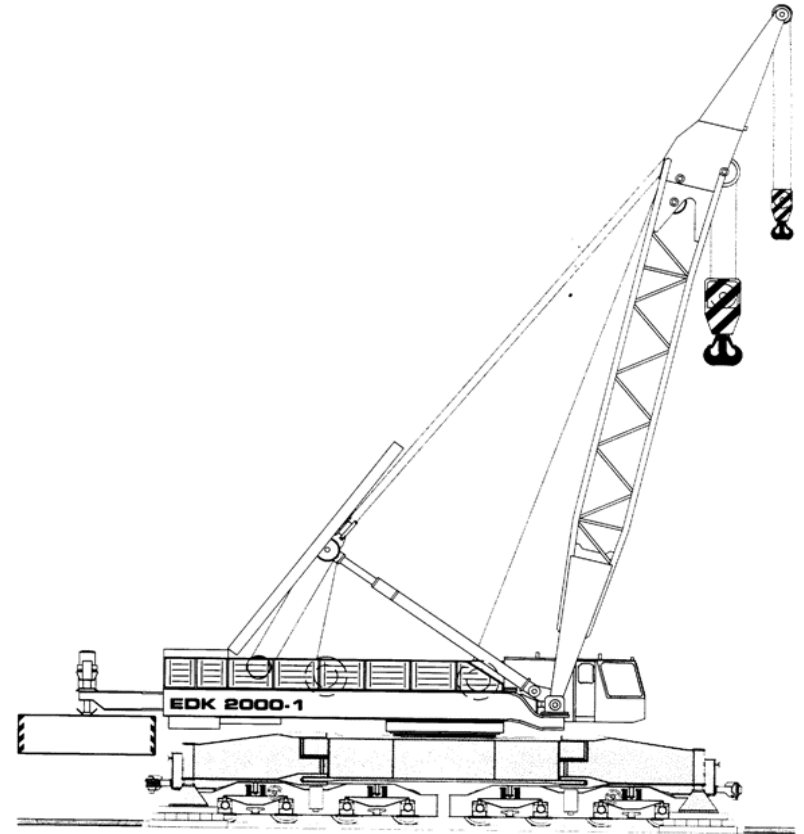
Obr. 24: Železniční jeřáb KIROW EDK 80 [14]



Obr. 24: Schéma KIROW EDK 80 [14]



Obr. 26: Železniční jeřáb KIROW EDK 2000 [14]



Obr. 27: Schéma KIROW EDK 2000 [14]

Plovoucí jeřáby

► Plovoucí jeřáby

- Otočná část jeřábu je ukotvena na plavidlo (lod', člun)
- Dělí se podle svého využití na:
 - **Překládací** – slouží k překládání nákladů z lodě na jinou nebo na slouži
 - **Montážní a stavební** – používají se na stavbu hrází nebo v loděnicích
 - **Havarijní** – slouží k vyzvedávání vraků ztroskotaných lodí



Obr. 28: Příklad plovoucího jeřábu [13]

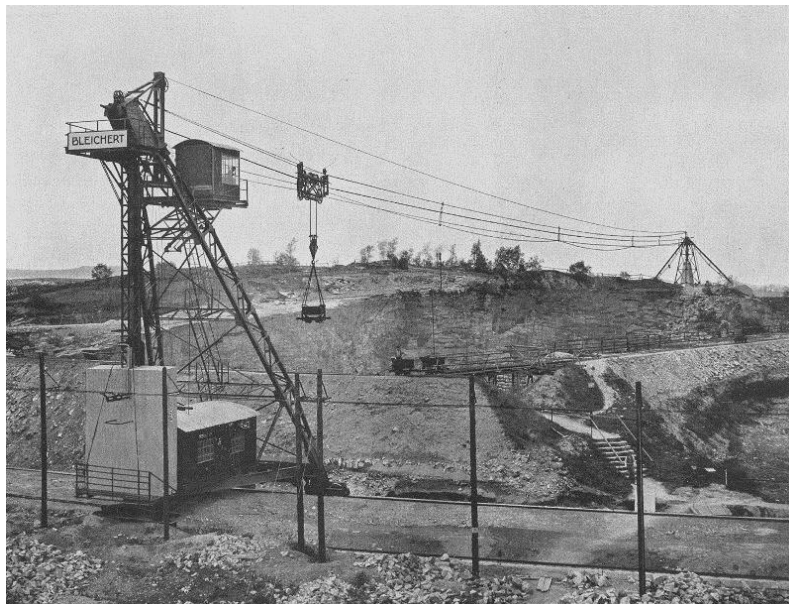


Obr. 29: Příklad plovoucího jeřábu [13]

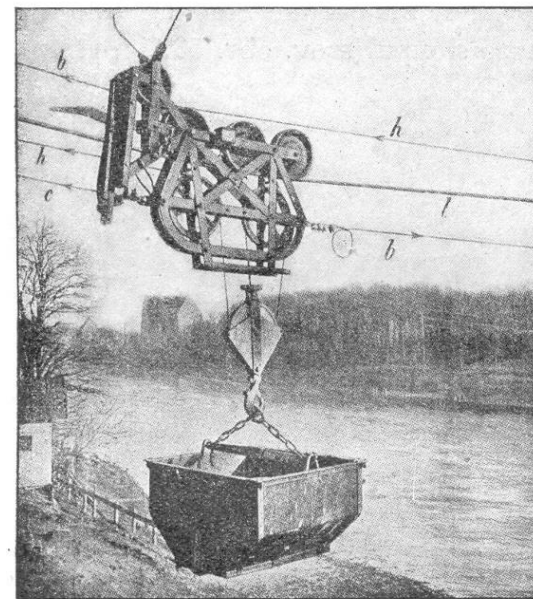
Lanové jeřáby

► Lanové jeřáby

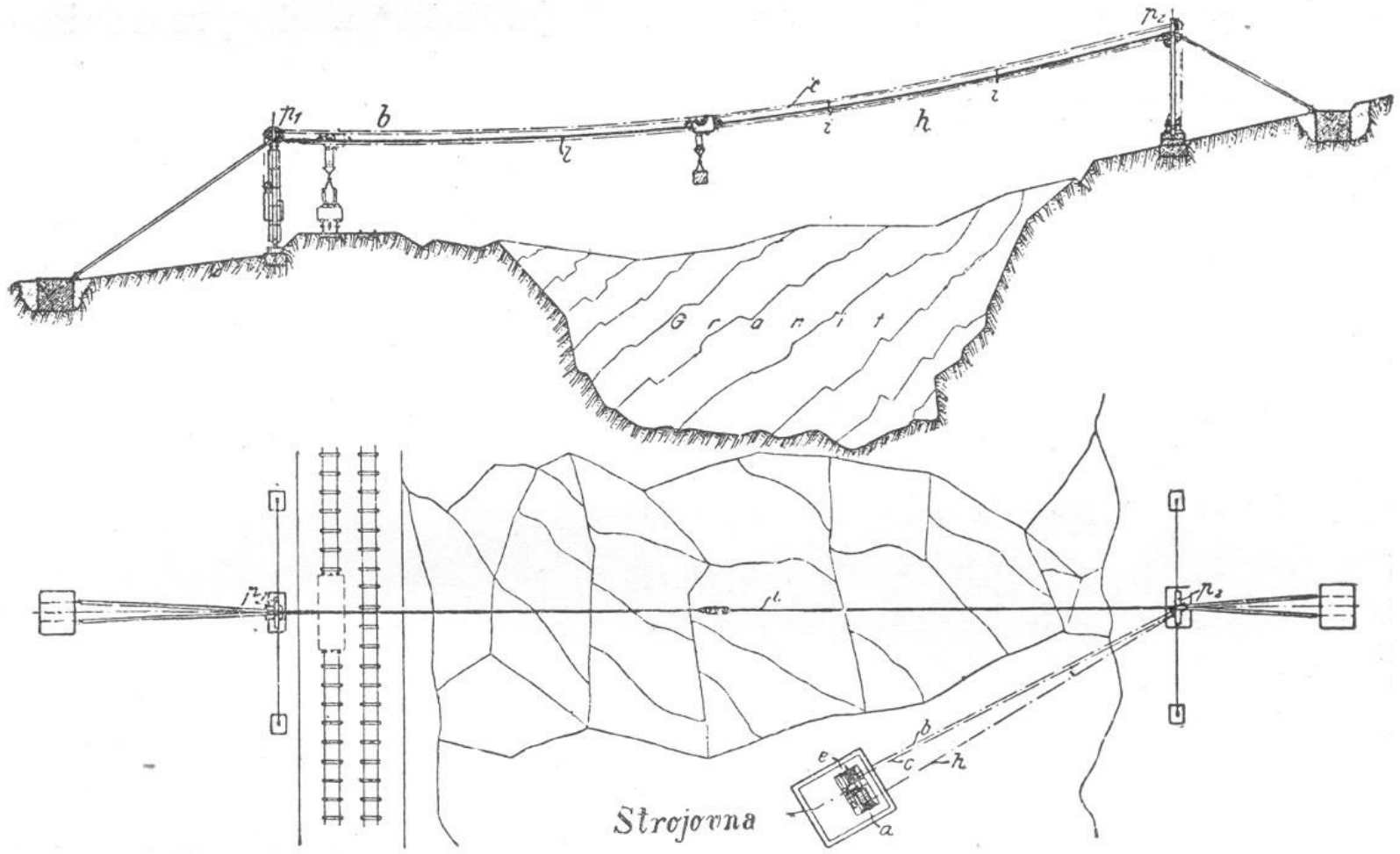
- Jednoduchý typ konstrukce jeřábu, kdy je na napnutém nosném laně mezi dvěma sloupy, potahována kočka pomocí tažného lana.
- Používají se v hornictví, kamenolomnictví a na stavbu mostů a přehrad.



Obr. 30: Lanový jeřáb používaný v hornictví [12]



Obr. 31: Kočka [12]



Obr. 32: Kabelový jeřáb v žulovém lomu [12]

Všeobecné strojní části jeřábů

► Strojní části jeřábu jsou:

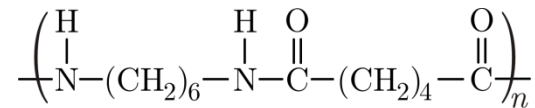
- Lana, resp. řetězy
- Kladky a kladnice
- Bubny
- Brzdy
- Spojky a převody
- Pojížděcí kola
- Prostředky k uchopení břemene – háky, kleště
- Pojezdové ústrojí
- Zdvihací ústrojí
- Otáčecí ústrojí
- Sklápěcí ústrojí
- Nosné konstrukce
- Pohon

Lana a řetězy

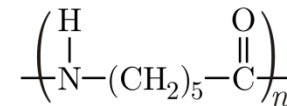
Lana – slouží ke zvedání a spouštění, jsou ohebná a dají se namotávat na buben a usměrňovat pomocí kladek. Podle materiálu se dělí na:

▶ **textilní lana** (konopná, polyamidová)

- Pouze na jednoduché vázání a ruční zdvihání
- Tvoří je 3-4 prameny spletené do šroubovice
- Působením vlhkosti ztrácí pevnost



Nylon 66

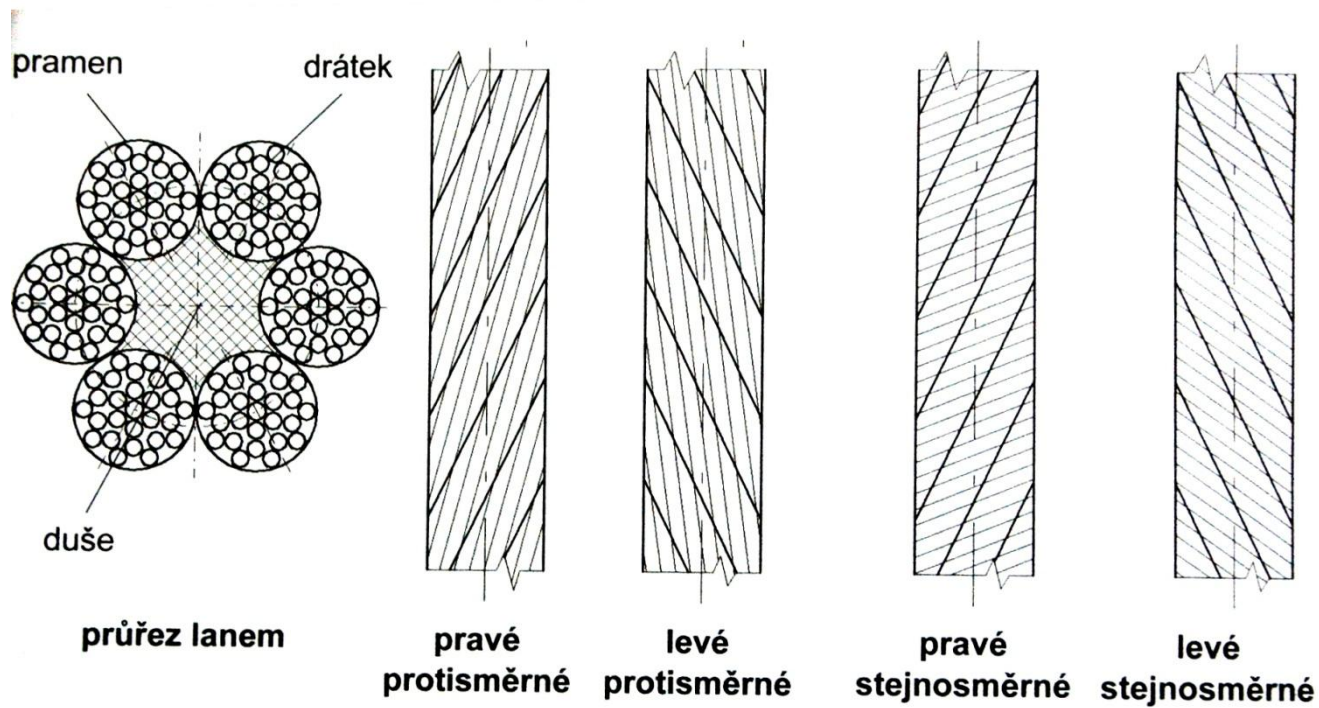


Nylon 6

Obr. 33: Vzorec polyamidu (Nylon)

▶ **ocelová lana**

- Nejpoužívanější především při zvedání těžkých břemen
- Jsou vyrobena z **ocelových drátů** (každé o pevnosti $\sigma_{dt} = 1300 - 2000 \text{ N.mm}^{-2}$)
- Prameny jsou **svinuty** do pramenů, které jsou omotány kolem **duše** (mazivo) a tvoří lano
- Podle směru navíjení se dělí na:
 - **Stejnoseměrná** (ohebnější a trvanlivější, ovšem prodlužují se při větším zatížení, použití u výtahů)
 - **Protiseměrná** (tužší a nezkracují se, použití u jeřábů)



Obr. 34: Průřez lanem a typy vinutí lana [1]

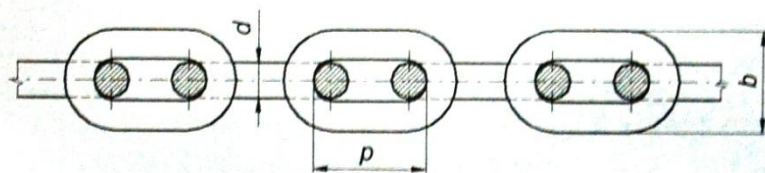


Obr. 35: Polyamidové lano [15]

Lana a řetězy

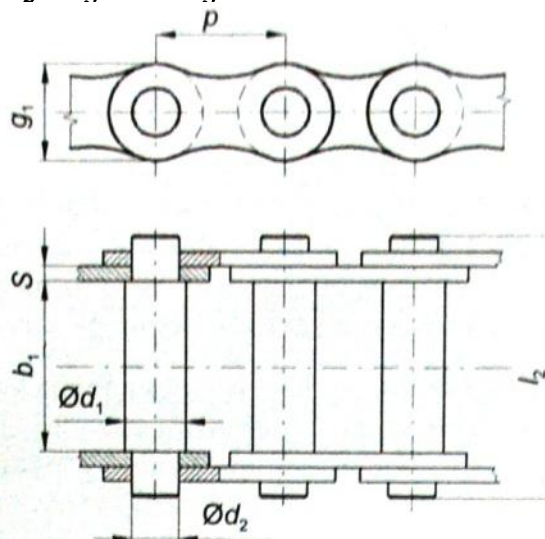
Řetězy – používají se tam kde nelze použít lana. Dělí se na:

- ▶ **Svařované řetězy** – lze je ohýbat všemi směry
 - **Krátkočlánkové** – pro zdvihací mechanismus
 - **Dlouhočlánkové** – pro vázání břemen
- ▶ **Gallovy řetězy** – bezpečnější, dovolují ohyb jen v jedné rovině



svařovaný řetěz

Obr. 36: Svařovaný řetěz [1]



Gallovy řetězy

Obr. 37: Gallovy řetězy [1]

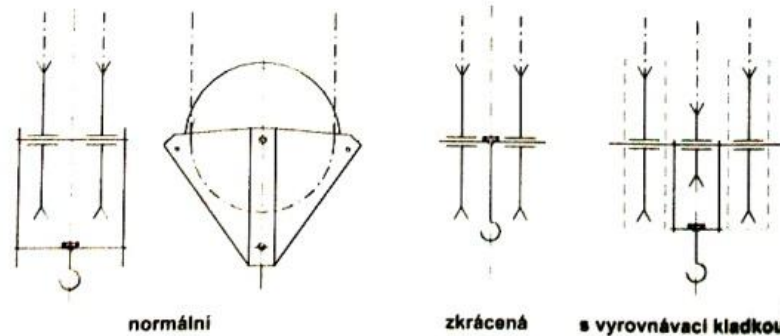
Kladky a kladnice

Kladky:

- ▶ Podle funkce se dělí na:
 - **vyrovnávací** – vyrovnávají nestejněměrné zatížení nosných lan
 - **vodící** – mění směr pohybu lana, účinnost obvykle v rozmezí 0,96 až 0,98
 - **hnací** – navíc přenášejí obvodovou sílu silovým stykem

Kladnice:

- ▶ Spojují hák s kladkami.
- ▶ Zde se tíha břemene rozloží pomocí více kladek na více lan
- ▶ Provedení bývá kromě normálního i zkrácené nebo s vyrovnávací kladkou



Bubny

- ▶ Buben slouží k navíjení lana nebo řetězu při zdvihání břemene, resp. odvíjení při spouštění.
- ▶ Mají válcový tvar a mohou být **hladké nebo drážkované** (drážkovaný buben zajišťuje lepší navíjení lana)
- ▶ Navíjení může být realizováno do **jedné vrstvy nebo do více vrstev** (z důvodu životnosti lana je lepší navíjet jen do jedné vrstvy)
- ▶ Výpočty minimálního průměru roztečné kružnice bubnu a vztah pro výpočet minimálního počet závitů z vychází z normy ČSN ISO 4308-1.

L = zdvih jeřábu (mm)

N = počet nosných lan

D = průměr bubnu měřený v ose lana (mm)

z_0 = dva až tři závity pro uchycení lana na buben

$$z = \frac{L \cdot N}{\pi \cdot D_1} + z_0$$

Brzdy a zdrže

- ▶ Každý jeřáb musí být vybaven **bezpečnostní brzdou**, která v případě výpadku motoru zadrží břemeno.
- ▶ Brzda musí být schopna **vyvinout dvakrát větší moment** než břemeno!
- ▶ Obvykle typy brzd:
 - **Stavěcí** – zastavují pohybující břemeno až do klidu
 - **Spouštěcí** – jsou stále zabrzděné a při spouštění je nutno překonat sílu brzdy
 - **Regulační** – jsou určeny pro snižování rychlosti spouštění na určitou hodnotu

Spojky, převody a pojížděcí kola

Používají se obvykle:

▶ Spojky:

- Nerozpojované – pevné a pružné
- Ovládané – třecí a zubové

▶ Převody:

- Lanové (kladkostroje)
- Ozubenými koly (převodovky)
- Hydraulické

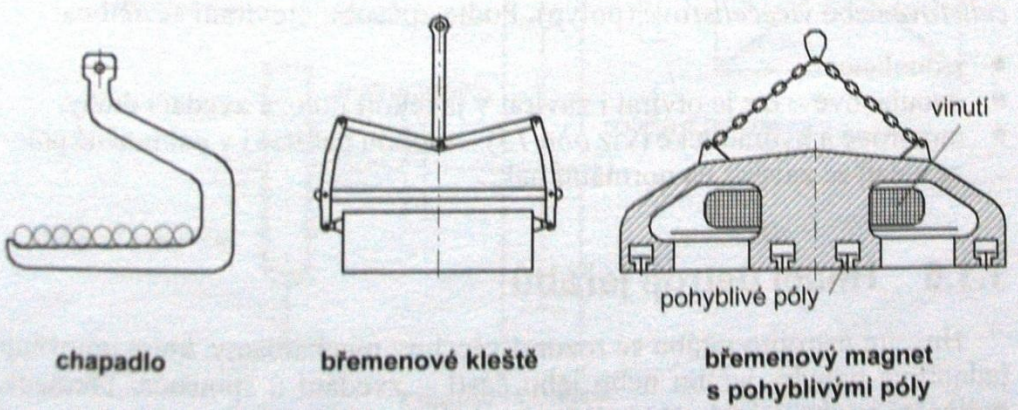
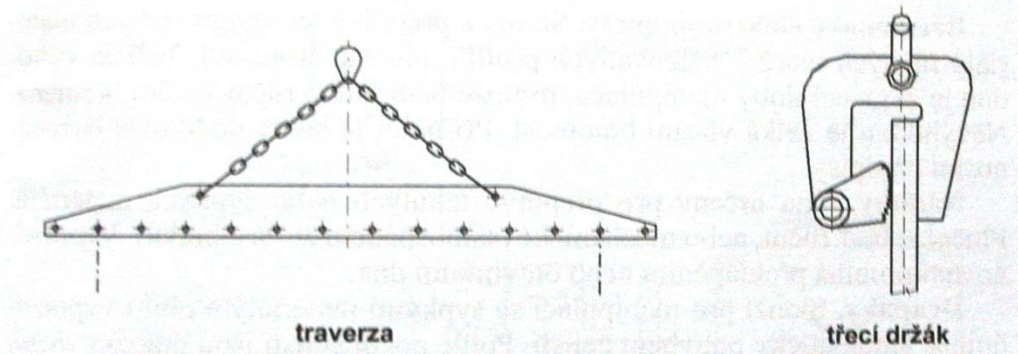
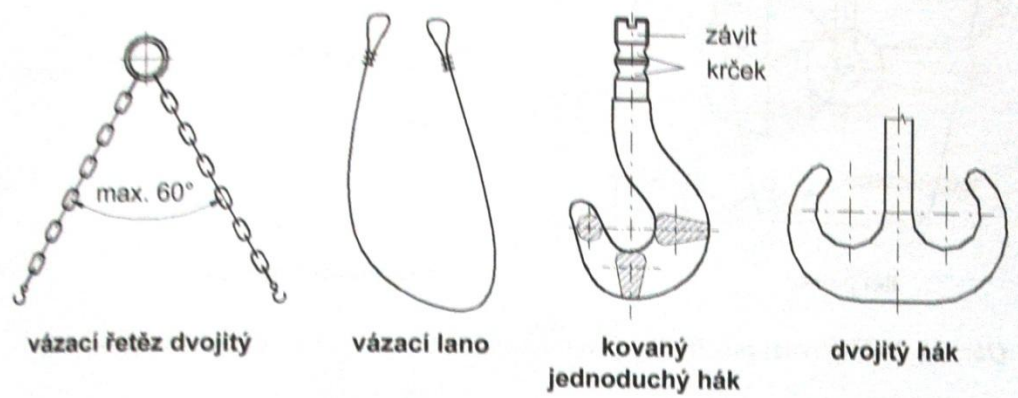
▶ Pojížděcí kola:

- S jedním nákolkem – odvalovací plocha je kuželová
- Se dvěma nákolky – odvalovací plocha je válcová

Prostředky k uchopení

Jsou potřeba k uchopení zdvihaného předmětu, dělí se na:

- ▶ **Vazáky** - lana nebo řetězy upravené pro vázání břemena na hák
- ▶ **Háky** - základní prvek jeřábu, obvykle kované a napojené pomocí kladnice.
- ▶ **Traverzy** - pro velmi rozměrná břemena, která by se převažovala (lodní kontejnery)
- ▶ **Závěsy** - chapadlo – slouží k podebírání bez vázání, třecí držák – pro uchycení desek vodorovně
- ▶ **Kleště** - svírají předmět čelistmi
- ▶ **Elektromagnety** - slouží k manipulaci s feromagnetickým materiálem, především se šrotem
- ▶ **Nádoby** - určené na tekutý nebo sypký materiál, vyprazdňování je řešeno otevřením dna nebo překlápěním.
- ▶ **Drapáky** – pro sypké materiály, plní se a vyprazdňují pohybem čelistí, kterých může být i více (tzv. polyp), ovládání je obvykle hydraulické



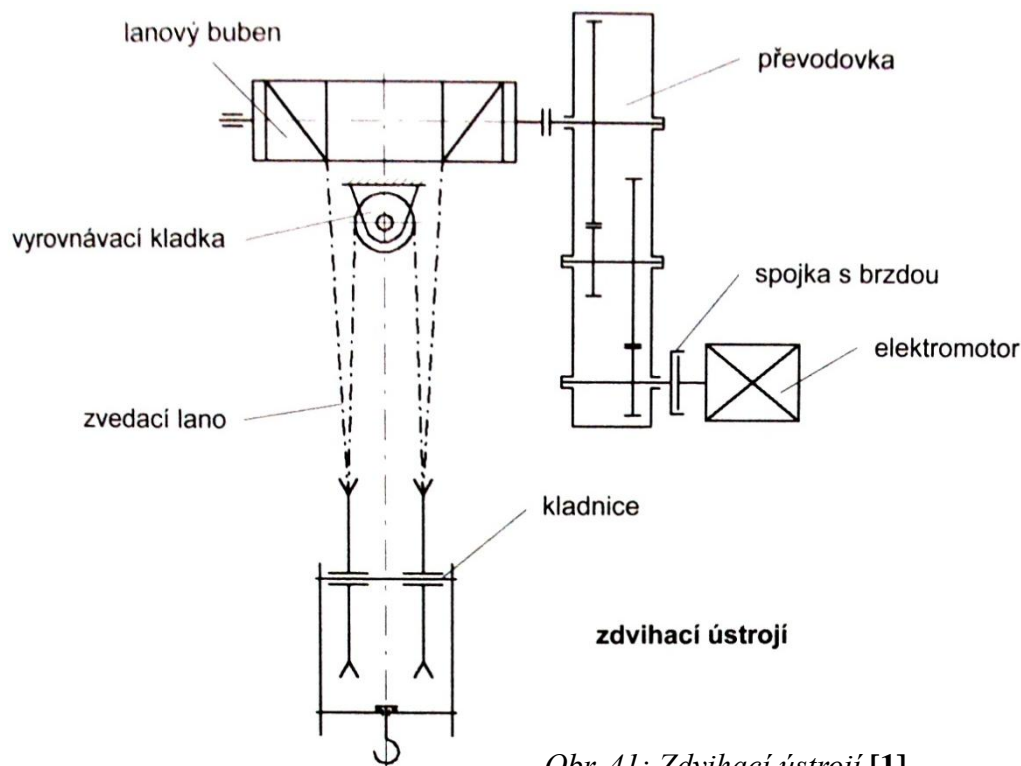
Obr. 39: Příklady různých typů háků [16]

Obr. 40: Prostředky k uchopení[1]

Zdvihací ústrojí

▶ Zdvihací ústrojí

- Umožňuje zdvihání a spouštění břemena
- Skládá se z násobného kladkostroje, navíjecího bubnu, ozubeného převodu a motoru.



Obr. 41: Zdvihací ústrojí [1]

Celkový převodový poměr mezi motorem a zdvihaným předmětem i_c se vypočte ze vztahu:

$$i_c = i_p \cdot i_k,$$

kde i_p je převodový poměr ozubeného převodu,
 i_k – převodový poměr kladkostroje (lanového převodu).

Převodové poměry ozubeného převodu a kladkostroje:

$$i_p = \frac{n}{n_b},$$

$$i_k = \frac{v_b}{v},$$

kde n jsou otáčky motoru (s^{-1}),

n_b – otáčky bubnu (s^{-1}),

v_b – obvodová rychlost bubnu ($m \cdot s^{-1}$),

v – zdvihací rychlost břemena ($m \cdot s^{-1}$).

Otáčky lanového bubnu n_b :

$$v_b = v \cdot i_k = \pi \cdot D_b \cdot n_b \Rightarrow n_b = \frac{v \cdot i_k}{\pi \cdot D_b},$$

kde D_b je průměr lanového bubnu (mm).

Výkon hnacího motoru P_s :

$$P_s = \frac{P_t}{\eta_c} = \frac{Q \cdot v}{\eta_c},$$

kde P_t je teoretický výkon (W),

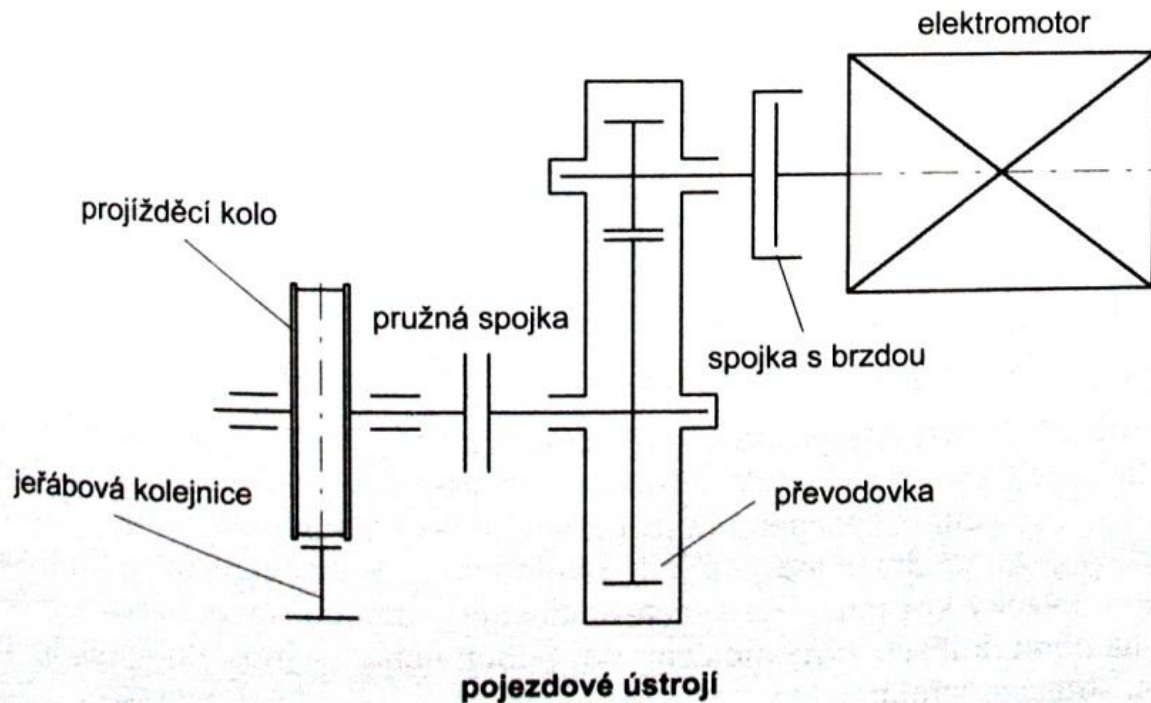
Q – tíha břemena (N),

η_c – celková mechanická účinnost zdvihacího ústrojí.

Pojezdové ústrojí

► Pojezdové ústrojí

- U jeřábů s pojízdnou konstrukcí a u pojízdných koček.
- Na obou kolejnicích musí být hnané kolo, aby nedocházelo k vzpříčení.
- Hnací pohon všech kol musí být synchronizován



Obr. 41: pojezdové ústrojí [1]

Výkon motoru P_s při jízdě na vodorovné jeřábové dráze a ustálené rychlosti se určí ze vztahu:

$$P_s = \frac{(F_t + F_v) \cdot v_p}{\eta_m} ,$$

kde F_t je tažná síla překonávající pasivní odpory (N),
 F_v – síla větru proti směru jízdy (N),
 v_p – pojezdová rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
 η_m – celková mechanická účinnost pojezdového ústrojí.

Výkon motoru P_s při rozjezdu:

$$P_s = \frac{(F_t + F_v + F_s) \cdot v_p}{\eta_m} ,$$

kde F_s je setrvačná síla (N).

Setrvačná síla F_s :

$$F_s = m \cdot a ,$$

kde m je celková hmotnost jeřábu (kg),
 a – zrychlení ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$).

Otáčecí a sklápěcí ústrojí

▶ Otáčecí ústrojí

- Pomocí otočného ústrojí je realizováno *otáčení sloupu* nebo *výložníku* jeřábu.
- Otočný prvek je uložen na *valivých ložiscích* (axiální a radiální) nebo na opěrných kolech s centrálním čepem.
- Pohon zajišťuje *ozubený věnec a pastorek*, který je přes příslušný převod poháněn motorem

▶ Sklápěcí ústrojí

- Zajišťuje *sklápění výložníku*
- Sklápění bývá řešeno *lanovým kladkostrojem, klikovým ústrojím, ozubeným segmentem nebo šroubovým vřetenem*

Nosné konstrukce

- ▶ Jeřábová nosná konstrukce musí být dostatečně *pevná a stabilní*.
- ▶ Zároveň musí být *lehká* (vhodné použití příhradové konstrukce)
- ▶ Působí na ni nejen síly *břemena a hnacího ústrojí*, ale i *vítr*.
- ▶ Tvoří ji *nosníky, sloupy, výložníky a vzpěry*.
- ▶ Spojení je realizováno obvykle *svařováním*.

- ▶ Obvykle se používají:
 - **Z válcovaných plnostěnných profilů**
 - **Prolamované**
 - **Skříňové**
 - **Příhradové**