

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TECHNICKÉ
V BRNĚ

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

JEŘÁBOVÁ KOČKA 36t

TRAVELING CARB 36 TONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Bc. ROMAN KANTOR

doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc.

BRNO 2008

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování diplomové práce jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím diplomové práce moje práce přijata”.

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

1.5.2008

.....
datum

Bc. ROMAN KANTOR

.....
jméno

.....
podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu doc. Ing. Břetislavu Mynářovi CSc. a konzultantům ve firmě Královo pole cranes, a.s. v zastoupení pana Ing. Jiřího Nezbedy a pana Ing. Miroslava Jirů za poskytnuté rady, zkušenosti a za odborné vedení celé práce.



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Anotace

Diplomová práce se zabývá řešením hlavních rozměrů jeřábové kočky o nosnosti 36t, která bude používána pro nakládku a vykládku železného šrotu, pro manipulaci se šrotem je použit břemenový elektromagnet.

Výpočtová část zahrnuje výpočet pojezdového ústrojí, převodovky a výkonu elektromotoru pojezdu jeřábové kočky. Dále je řešen výpočet hlavních rozměrů zdvihového ústrojí, výkonu elektromotoru zdvihu, propočet převodovky a lana. Následně je řešen pevnostní výpočet rámu jeřábové kočky.

Annotation

Diploma thesis is concerned with the solution of main measurements of the carriage travel which will use for loading and expounding iron scrap. Manipulation with iron scrap will be by electromagnet.

Part of calculation includes the computation of travelling apparatus, travelling gearbox and power of electric motor. It also sort out the calculation of the main measurements of lift apparatus, power lift of electric motor, calculation gearbox and strop.

Subsequently deal with calculation of fixity of carriage travel's framework.

Úvod

Účelem této diplomové práce byl výpočet a návrh hlavních parametrů jeřábové kočky o nosnosti 36t, rozchodu 2300mm a rozvoru 2350mm, která bude používána pro nakládku a vykládku železného šrotu. Jako pracovní prostředek pro manipulaci se šrotem je použit břemenový elektromagnet.

Pojezd jeřábové kočky je řešen pro pojezdové rychlosti 0-60m/min a to pomocí dvou pohonných jednotek kompatního typu od firmy SEW, pohon je řízen pomocí frekvenčního měniče od firmy Siemens. Uspořádání kompatního provedení umožňuje snadnou výměnu nebo opravu motoru, převodovky a kola i s ložisky při malém zdvižení mostu nebo rámu kočky. Pojezdová kola jsou řešena se dvěma nákolky. Tyto nákolky zabezpečují lepší a přesnější vedení jeřábové kočky po kolejnici jeřábového mostu. V této práci je předpokládáno, že jeřáb bude pracovat v hale proto je zanedbán odpor větru a že všechna pojezdová kola jsou zatížena stejnou silou.

Zdvihové ústrojí jeřábové kočky je řešeno pro zdvihovou rychlost 0-13m/min a výšku zdvihu 12m. Zdvih je řízen pomocí frekvenčního měniče firmy Siemens a kotoučové brzdy. Zdvih je řešen pomocí jedné zdvihové jednotky, na které je umístěn elektromagnet. Lanový převod je zvolen jako tzv. dvojitý kladkostroj s převodem tři a s šesti nosnými průřezy lana. Vyrovňovací kladky jsou umístěny na rámu kočky. Horní poloha kladnice je omezena koncovým vypínačem umístěným na hřídeli lanového bubnu.

Pevnostní výpočet rámu jeřábové kočky je řešen pomocí programu Nexis verze 32 3.30.08

Obsah

1. Síly působící na kola

- | | |
|---|---|
| 1.1 Síla působící na kola od hmotnosti jeřábové kočky | 1 |
| 1.2 Síla působící na kola od hmotnosti břemene | 1 |
| 1.3 Síla působící na kola od hmotnosti stráležo břemene | 1 |
| 1.4 Celková síla působící na kola | 2 |
| 1.5 Síla působící na jedno kolo | 2 |

2. Návrh pojezdového kola

- | | |
|-----------------------------|---|
| 2.1 Minimální průměr kola | 3 |
| 2.2 Otáčky kola | 3 |
| 2.3 Součinitel počtu otáček | 3 |
| 2.4 Součinitel trvanlivosti | 4 |
| 2.5 Maximální únosnost kola | 4 |

3. Výpočet výkonu el. motoru pojezdu

- | | |
|---|----|
| 3.1 Tažná síla překonávající pasivní odpory | 5 |
| 3.2 Výkon motoru při ustálené pojezdové rychlosti | 6 |
| 3.3 Volba motoru a převodovky | 6 |
| 3.4 Volba frekvenčního měniče pro řízení pojezdu | 7 |
| 3.5 Celkový převod | 9 |
| 3.6 Výsledný rozjezdový moment | 9 |
| 3.6.1 Moment pasivních odporů | 9 |
| 3.6.2 Moment zrychlujících sil hmot hmotností posuvných | 9 |
| 3.6.2.1 Zrychlující síla | 10 |
| 3.6.3 Adhezní síla | 10 |
| 3.6.4 Moment zrychlujících sil hmot rotujících | 10 |
| 3.7 Rozjezdový moment | 11 |
| 3.8 Kontrola rozjezdu motoru | 11 |
| 3.8.1 Nominální kroutící moment motoru | 11 |
| 3.8.2 Součinitel momentové přetížitelnosti motoru | 11 |
| 3.8.3 Spouštěcí moment motoru | 11 |

4. Výpočet lana

4.1 Hmotnost stálého břemene	12
4.2 Síla v laně	13
4.3 Součinitel výběru lana	13
4.3 Minimální průměr lana	14
4.4 Maximální průměr lana	14
4.5 Výběr lana	14
4.6 Minimální únosnost lana	15
4.7 Bezpečnost lana	16

5. Výpočet kladek

5.1 Minimální průměr vodicích kladek	17
5.2 Minimální průměr vyrovnávací kladky	17

6. Výpočet lanového bubnu

6.1 Minimální průměr lanového bubnu	19
6.2 Lanový převod	20
6.3 Navíjená délka lana	20
6.4 Počet závitů lana na polovině bubnu	20
6.5 Délka závitové části bubnu	21
6.6 Délka krajních hladkých částí bubnu	21
6.7 Celková délka bubnu	21
6.8 Tloušťka stěny bubnu	21

7. Výpočet výkonu el. motoru zdvihu

7.1 Celková mechanická účinnost zdvihacího ústrojí	22
7.2 Výkon el. motoru pro danou zdvihovou rychlost	23
7.3 Volba motoru	23
7.4 Jmenovitý výkon motoru při teplotě 30-40°C a nadmořské výšce do 1000m	24
7.5 Jmenovitý výkon motoru při teplotě do 30°C a nadmořské výšce do 1000m	24
7.6 Volba frekvenčního měniče pro řízení zdvihu	25
7.7 Výpočet a volba převodovky	27
7.7.1 Otáčky lanového bubnu	27
7.7.2 Převod převodovky	27
7.7.3 Volba převodovky	27
7.7.4 Kroutící moment na lanovém bubnu	28
7.7.5 Reálné otáčky bubnu	28
7.7.6 Skutečná zdvihová rychlost	29
7.8 Kontrola rozběhového moment motoru	29
7.8.1 Celkový převod	29
7.8.2 Statický moment břemene	29
7.8.3 Moment zrychlujících sil hmot postupných	30
7.8.3.1 Doba rozběhu	30
7.8.4 Moment zrychlujících sil hmot rotujících	30
7.9 Výsledný rozběhový moment	30
7.10 Jmenovitý moment motoru	31
7.11 Součinitel momentové přetížitelnosti motoru	31
7.12 Spouštěcí moment motoru	31

8. Výpočet brzdy zdvihu

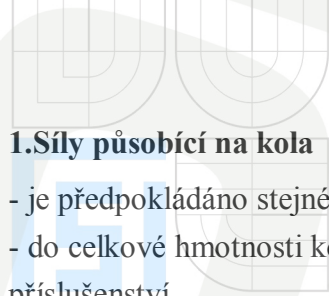
8.1 Statický moment břemene, redukovaný na rychloběžný hřídel při spouštění	32
8.2 Moment zrychlujících sil hmot postupných	32
8.3 Moment zrychlujících sil hmot rotujících	32
8.4 Brzděný moment	33
8.5 Potřebný brzděný moment na rychloběžném hřídeli	33
8.6 Doba brzdění při spouštění	34
8.7 Doba brzdění při zvedání	34

9. Pevnostní výpočet rámu kočky

9.1	Součinitele zatížení	35
9.1.1	Součinitel zatížení od jmenovitého břemene	35
9.1.2	Součinitel zatížení od vlastní hmotnosti	35
9.1.3	Dynamický součinitel zdvihový	35
9.1.4	Dynamický součinitel pojezdový	35
9.1.5	Celkový součinitel kombinace	35
9.2	Zatížení	36
9.2.1	Zatěžovací stav 1	36
9.2.2	Zatěžovací stav 2	36
9.2.3	Zatěžovací stav 3	36
9.2.4	Zatěžovací stav 4	36
9.3	Kombinace únosnosti – celkové součinitele	37
9.3.1	C1. Základní kombinace napětí	37
9.3.2	C2. Únosnost při únavě – maximální	37
9.3.3	C3. Únosnost při únavě – minimální	37
9.4	Kombinace použitelnosti – součinitele 1,0	38
9.4.1	C1. Tíha rámu – nosníky včetně plošin	38
9.4.2	C2. Tíha rámu – včetně komponentů	38
9.4.3	C3. Zatížení celkem – pro průhyb	38
9.5	Výpočet rámu jeřábové kočky	39
9.5.1	Základní data o konstrukci	39
9.5.2	Materiál	39
9.5.2.1	Výpis materiálu	40
9.5.3	Uzly	40
9.5.4	Pruty	41
9.5.5	Průřezy	43
9.5.5.1	Skříňová pásnice	43
9.5.5.2	Skříňová pásnice	44
9.5.5.3	Skříňová pásnice	45
9.5.5.4	Svařovaný profil	46
9.5.5.5	Pásovina	47
9.5.5.6	Hřídél	48

9.5.6	Podpory	48
9.5.7	Zatěžovací stavy	49
9.5.7.1	Zatížení od rovnoměrné tíhy	49
9.5.7.2	Zatížení od hmotnosti komponentů	50
9.5.7.3	Zatížení od hmotnosti břemene	50
9.5.8	Kombinace zatížení	51
9.5.8.1	Základní pravidla pro generování kombinací	51
9.5.9	Spojitá zařízení	52
9.5.10	Lineární výpočet	54
9.5.11	Vnitřní síly M na prutech od Z.S.1	54
9.5.11.1	Vnitřní síly M na prutech od Z.S.2	55
9.5.11.2	Vnitřní síly M na prutech od Z.S.3	55
9.5.11.3	Vnitřní síly M na prutech od Z.S.4	55
9.5.11.4	Vnitřní síly M na prutech Z.S.1-4	56
9.5.12	Kombinace použitelnosti C1,C2,C3	56
9.5.12.1	Kombinace použitelnosti C1	56
9.5.12.2	Kombinace použitelnosti C2	57
9.5.12.3	Kombinace použitelnosti C3	57
9.5.13	Kombinace únosnosti: únosnost minimální	57
9.5.13.1	Kombinace únosnost:základní kombinace	58
9.5.13.2	Kombinace únosnosti: únosnost maximální	58
9.5.13.3	Kombinace únosnosti C1,C2,C3	58
9.6	Únosnost při únavě	59
9.6.1	Výpočtové pevnosti materiálu při únavě	59
9.6.2	Poměr mezních napětí	59
9.6.3	Výpočtová pevnost materiálu při únavě pro dané χ	60

Výpočet pojzdového ústrojí



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ

1. Síly působící na kola

- je předpokládáno stejné zatížení všech kol
- do celkové hmotnosti kočky m_k je zahrnuta hmotnost kočky, komponentů a příslušenství.

1.1 Síla působící na kola od hmotnosti jeřábové kočky

$$F_K = n_k \cdot g = 1000 \cdot 9,8 = 98200 \text{ N}$$

m_k - celková hmotnost jeřábové kočky, zvolena dle konzultantů firmy KPC. (kg)

g - gravitační zrychlení

1.2 Síla působící na kola od hmotnosti břemene

$$F_B = n_b \cdot g = 6000 \cdot 9,8 = 58800 \text{ N}$$

m_b - hmotnost břemene (kg)

g - gravitační zrychlení

1.3 Síla působící na kola od hmotnosti stráleného břemene

$$F_s = n_m \cdot g = 800 \cdot 9,8 = 7840 \text{ N}$$

m_m - hmotnost elektromagnetu, zvolena dle konzultantů firmy KPC (kg)

g - gravitační zrychlení

1.4 Celková síla působící na kola

$$F_C = F_K + F_B + F_S = 38200 + 52800 + 7240 = 178240 \text{ N}$$

F_K - síla působící na kola od hmotnosti jeřábové kočky (N)

F_B - síla působící na kola od hmotnosti břemene (N)

F_S - síla působící na kola od hmotnosti stálého břemene (N)

1.5 Síla působící na jedno kolo

- uvažováno po konzultaci s konzultantem stejné zatížení všech čtyř kol.

$$F_{CK} = F_C/4 = 178240/4 = 19560 \text{ N}$$

F_C - celková síla působící na kola (N)

2. Návrh pojezdového kola

- výpočet proveden dle [1, str.75.-78.]

2.1 Minimální průměr kola

$$F_{CK} = \kappa \cdot D_{\min} \cdot b_k \Rightarrow \kappa_{\min} = \frac{F_{CK}}{k \cdot b_k} = \frac{119560}{9 \cdot 67} = 98 \text{ mm}$$

- průměr pojezdového kola volím z důvodu zastavbových rozměrů rámu: $D_k = 400 \text{ mm}$

b_k – účinná šířka kolejnice (mm)

F_{CK} - síla působící na kolo (N)

k - součinitel druhu materiálu (MPa), viz Tab.1

tab.1: určení součinitele druhu materiálu[1, str.76]

Druh provozu	k(MPa) pro ocelolitinu 422661.1
lehký	9
střední	9
těžký	8,5

2.2 Otáčky kola

$$n_k = \frac{v}{\pi \cdot D_k} = \frac{60}{3,14 \cdot 0,4} = 47,77 \text{ ot/min}$$

D_k – průměr pojezdového kola (m)

v – pojezdová rychlost (m/min)

2.3 Součinitel počtu otáček

$$f_n = \sqrt{\frac{33,33}{n_k}} = \sqrt{\frac{33,33}{47,77}} = 0,88$$

n_k - otáčky kola (ot/min)

2.4 Součinitel trvanlivosti

$$f_h = \sqrt{\frac{Y}{500}} = \sqrt{\frac{1700}{500}} = 1,84$$

Y - trvanlivost, viz Tab.2

tab.2:určení trvanlivosti[1,str. 76]

Druh provozu	Trvanlivost Y(hod)
lehký	1000
střední	1700
těžký	3000

2.5 Maximální únosnost kola

$$K_{\max} = \frac{k}{f_h} \cdot D_K \cdot b_k \cdot f_n = \frac{9}{1,84} \cdot 400 \cdot 67 \cdot 0,88 = 41504 \text{ N}$$

k - součinitel druhu materiálu - materiál litá ocel 42 46 61.1- k = 9 MPa

D_K – průměr pojezdového kola (mm)

b_k – účinná šířka kolejnice S49 (mm)

f_n – součinitel počtu otáček (-)

f_h - součinitel trvanlivosti (-)

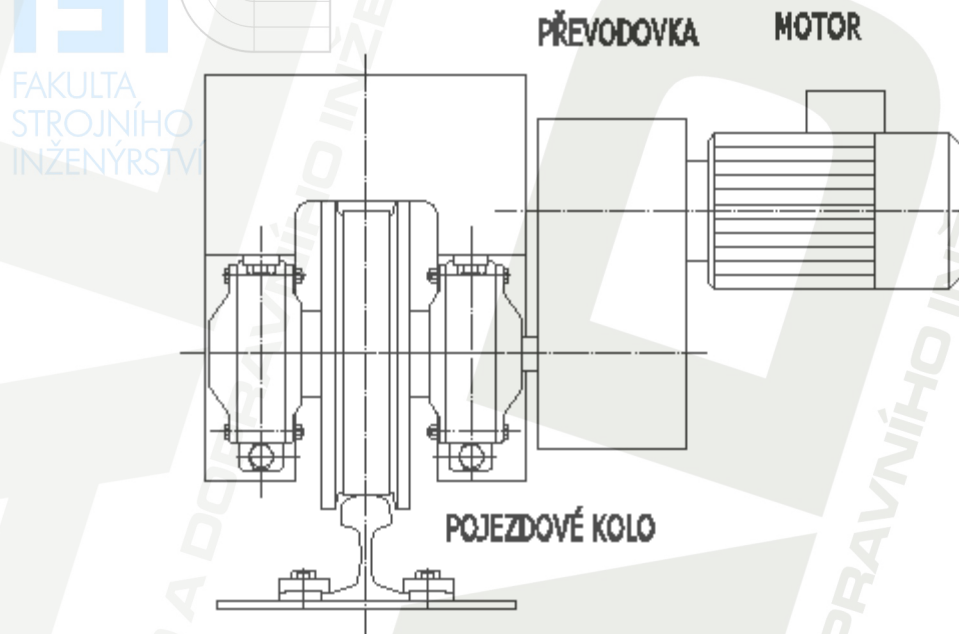
$$K_{\max} \geq F_{CK}$$

$$41504 \geq 19560 \Rightarrow \text{YHOVUJE}$$

3. Výpočet výkonu el. motoru pojezdu

- výpočet proveden dle [2, str.303.-306.]

Schéma pojezdového ústrojí:



3.1 Tažná síla překonávající pasivní odpory

$$T = \frac{F_c}{R} (e + f_c \cdot r) \cdot \chi = \frac{478240}{0,2} (0,0007 + 0,02 \cdot 0,045) \cdot 2,1 = 3034 \text{ N}$$

e – součinitel valivého tření (0,0006÷0,0008 m)

f_c – součinitel čepového tření (0,01÷0,02 pro valivá ložiska)

r – poloměr čepu (m)

R – poloměr pojezdového kola (m)

χ – součinitel tření nákolku o kolejnici (-), viz Tab.3

tab.3:určení součinitele tření[2, str.304.]

Provedení	hodnoty χ
	pojezd kočky
kluzné	1,2-1,3
valivé	2,0-2,3

3.2 Výkon motoru při ustálené jezdové rychlosti

$$P_0 = \frac{T \cdot v}{\eta_{CP}} = \frac{3034 \cdot 1}{0,9} = 3927 \text{ W} = 3,9 \text{ kW}$$

η_{CP} – celková mechanická účinnost (-)

v – jezdová rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

3.3 Volba motoru a převodovky

- volím motor s brzdou dle katalogu firmy SEW
- jezd bude realizován pomocí dvou pohonných jednotek kompaktního typu
- jmenovitý výkon jedné pohonné jednotky P_N - 5,5kW, celkový jmenovitý výkon obou pohonných jednotek bude tedy 11kW

Typ motoru	DV132S4
Jmenovitý výkon P_N	5,5 kW
Otáčky n_M	1430 min^{-1}
Jmenovitý moment M_n	73,5Nm
Moment setrvačnosti motoru s brzdou J_M	158.10 ⁻⁴ kgm^2
cos φ	0,85

- volím převodovku integrovanou s motorem dle katalogu firmy SEW

typ převodovky	FA77
převod i	29,91
hmotnost převodovky a motoru	91kg
výstupní otáčky n_a	48 min^{-1}

3.4 Volba frekvenčního měniče pro řízení pojezdu

- převzato z katalogu firmy Siemens [4]

- volím frekvenční měnič Micromaster 420 „univerzální“ od firmy Siemens

Typ měniče kmitočtu	Micromaster 420
Pracovní napětí sítě	3 AC 380V až 480V
Výstupní výkon	11kW
Vstup. kmitočet	47-63Hz
Výstup. kmitočet	0-650Hz
cos φ	≥0,95
Účinnost měniče	97%
Přetížitelnost	1,5x po dobu 60s
Teplota okolí při provozu	-10 ⁰ C až +50 ⁰ C
Relativní vlhkost vzduchu	95%
Provoz nadmořská výška	Do 1000m n.m.
Nárazový proud	Do jmenovité hodnoty vstup. proudu
Brždění	Brždění stejnosměrným proudem
Objednací číslo	6SE6420-2UD31-1CA1

Základní charakteristiky:

- Snadné nastavení podle pokynů.
- Modulární sestava zajišťuje maximální konfigurační pružnost.
- Tři plně programovatelné izolované digitální vstupy.
- Jeden analogový vstup (0 V až 10 V normovatelný) nebo využitelný jako čtvrtý digitální vstup
- Jeden programovatelný reléový výstup (30 V DC/ 5 A ohmické zatížení; 250 V AC/2 A indukční zatížení)
- Díky vysokým modulačním frekvencím tichý chod motoru, nastavitelné (v případě nutnosti dodržte doporučené snížené hodnoty)
- Kompletní ochrana motoru a měniče

Mechanické vlastnosti:

- Modulární koncepce
- Provozní teploty $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kompaktní skříň z důvodu vysoké hustoty výkonu
- Odpojitelné ovládací panely

Výkonové charakteristiky:

- Řízení pomocí digitálních mikroprocesorů
- FCC (regulace proudu) ke zlepšení dynamické odezvy a optimalizaci řízení motoru
- Lineární charakteristika U/f
- Vícebodová charakteristika (programovatelná charakteristika U/f)
- Letmý start
- Kompenzace skluzu
- Automatické restartování po výpadku nebo poruše napájení
- Jednoduché řízení procesů usnadňuje proporcionálně integrační (PI) regulátor
- Zaoblení křivky nárůstu otáček
- Rychlá ochrana proti nadměrnému vzrůstu proudu (FCL) zajišťuje plynulý provoz
- Rychlé řízené brždění pomocí kombinovaného brždění
- Čtyři rezonanční frekvence

Ochrana proti:

- podpětí
- přepětí
- přetížení měniče
- zkratová ochrana
- přehřátí měniče
- přehřátí motoru
- mechanickému zablokování motoru
- zemním zkratům

3.5 Celkový převod

$$i = \frac{n_M}{n_K} = \frac{1430}{47,7} = 29,9$$

n_M – otáčky motoru (ot.min⁻¹)

n_K – otáčky kola (ot.min⁻¹)

3.6 Výsledný rozjezdový moment

3.6.1 Moment pasivních odporů

$$M_t = T \cdot \frac{R}{i \cdot \eta_{CP}} = 3034 \cdot \frac{0,2}{29,9 \cdot 0,9} = 59,7 \text{ Nm}$$

i – celkový převod (-)

η_{CP} – celková mechanická účinnost (-)

T - tažná síla překonávající pasivní odpory (N)

R - poloměr pojezdového kola (m)

3.6.2 Moment zrychlujících sil hmot hmotností posuvných

$$M_{ZP} = F_{ZP} \cdot \frac{R}{i \cdot \eta_{CP}} = 1133 \cdot \frac{0,2}{29,9 \cdot 0,9} = 50,4 \text{ Nm}$$

i – celkový převod (-)

η_{CP} – celková mechanická účinnost (-)

F_{ZP} - zrychlující síla (N)

R - poloměr pojezdového kola (m)

3.6.2.1 Zrychlující síla

$$F_{ZP} = \frac{F_C}{g} \cdot \frac{v}{t_a} = \frac{478240}{9,8} \cdot \frac{1}{6} = 8133 \text{ N}$$

F_C - celková síla působící na pojezdová kola (N)

v - pojezdová rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

g - gravitační zrychlení

t_a - doba rozjezdu (s), viz Tab.4

tab.4: určení doby rozběhu [2, str.306]

Pojížděcí rychlost(m/min)	30	60	90	120
Doba rozběhu t_a (s)	5	6	7	8

3.6.3 Adhezní síla

$$F_{ADH} = \frac{F_K + F_B + F_S}{z} = \frac{98200 + 52800 + 7240}{2} = 139120 \text{ N}$$

z – poměr všech kol k počtu poháněných kol

$$z = 4/2 = 2$$

3.6.4 Moment zrychlujících sil hmot rotujících

$$M_{ZR} = \frac{J_{M1} + J_{M2} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{t_a} = \frac{(2 \cdot 0,0158) \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 23,83}{6} = 1,867 \text{ Nm}$$

n_m – otáčky motoru (ot/s)

α – součinitel zahrnující vliv zrychlení hmot rotujících na jiných hřídelích než rotor motoru, vzhledem k tomuto rotoru (1,1-1,2)

J_{M1}, J_{M2} - moment setrvačnosti motoru s brzdou ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

t_a - doba rozjezdu (s)

3.7 Rozjezdový moment

$$M_{\text{ROZJ}} = M_t + M_{\text{ZP}} + M_{\text{ZR}} + M_w = 9,7 + 0,4 + 1,867 + 0 = 21 \text{ Nm}$$

M_w - moment od účinku větru se neuvažuje z důvodu umístění jeřábu v hale

3.8 Kontrola rozjezdu motoru

3.8.1 Nominální kroučící moment motoru

$$M_n = \frac{P_{\text{mC}}}{2 \cdot \pi \cdot n_m} = \frac{11000}{2 \cdot 3,14 \cdot 23,83} = 73,5 \text{ Nm}$$

P_{mC} - výkon obou pohonných jednotek (W)

n_m - otáčky motoru (ot/s)

3.8.2 Součinitel momentové přetížitelnosti motoru

$$\chi = \frac{\xi + 0,1}{2} = \frac{2,5 + 0,1}{2} = 1,3$$

tab.5: určení [2, str. 67.-68.]

Magnetové jeřáby	Zatěžovatel $\varepsilon(\%)$	ξ
	pojezd kočky	
malý výkon	25	2,1
střední výkon	40	2,5
velký výkon	40	2,5

3.8.3 Spouštěcí moment motoru

$$M_{\text{SP}} = M_n \cdot \chi = 73,5 \cdot 1,3 = 95,55 \text{ Nm}$$

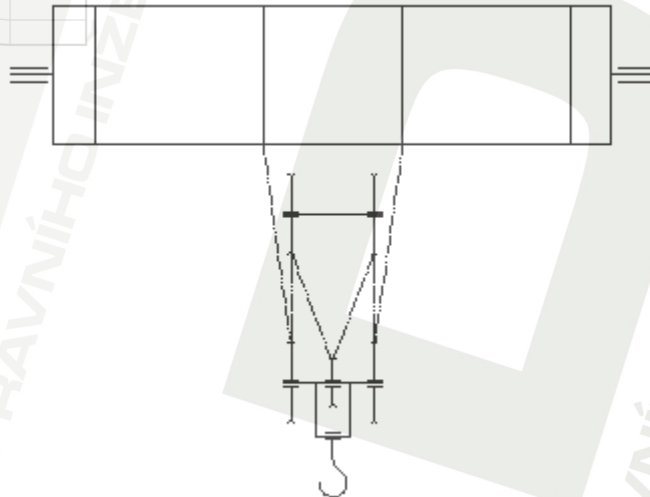
$$M_{\text{SP}} \geq M_{\text{ROZJ}}$$

$$95,55 \geq 21 \Rightarrow \text{YHOVUJE}$$

Výpočet zdvihového ústrojí

- výpočet proveden dle [1, str.66.-72]

Schéma zdvihu:



4. Výpočet lana

- výpočet proveden dle normy [5, str.6.-7.]

4.1 Hmotnost stálého břemene

$$m_c = n_l + n_{kl} + n_m = 150 + 1800 = 1650 \text{ kg}$$

m_l - hmotnost lana, zanedbáváme z důvodu malé výšky zdvihu (kg)

m_{kl} - hmotnost kladnice a háku (kg), zvolena dle konzultantů firmy KPC (kg)

m_m - hmotnost elektromagnetu (kg), zvolena dle konzultantů firmy KPC (kg)

4.2 Síla v laně

$$F_L = \frac{(m_c + m_b) \cdot g}{n \cdot z \cdot \eta_L} = \frac{(650 + 6000) \cdot 9,8}{3 \cdot 2 \cdot 0,98} = 57750 \text{ N}$$

m_c – hmotnost stálého břemene (kg)

m_b - hmotnost břemene (kg)

n - počet nosných průřezů lan v jedné polovině lanového systému (-)

z - počet větví (-)

η_L - účinnost lanového systému (-), viz Tab.6

tab.6: určení účinnosti lanového systému η_L [1, str.44]

počet nosných průřezů n	2	3	4	5	6
valivé uložení s účinností jedné kladky $\eta_K = 0,98$	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

4.3 Součinitel výběru lana

$$C = \sqrt{\frac{z_p}{K \cdot R_0}} = \sqrt{\frac{5,6}{0,497 \cdot 1960}} = 1,0758$$

Z_p – minimální součinitel bezpečnosti lana (-), viz Tab.7

K – empirický součinitel pro minimální únosnost lana dané konstrukce (-)

R_0 – minimální hodnota pevnosti v tahu drátu použitého v laně (1960 N/mm²)

tab.7: určení minimálního součinitele bezpečnosti lana [5, str.8]

Klasifikace mechanismu	Hodnoty z_p
M1	3,15
M2	3,35
M3	3,55
M4	4,0
M5	4,5
M6	5,6
M7	7,1
M8	9,0

4.3 Minimální průměr lana

$$d_{\min} = C \cdot \sqrt{F_L} = 0,0758 \cdot \sqrt{67750} = 9,73 \text{ mm}$$

C - součinitel výběru lana (-)

4.4 Maximální průměr lana

$$d_{\max} = d_{\min} \cdot 1,25 = 9,73 \cdot 1,25 = 12,16 \text{ mm}$$

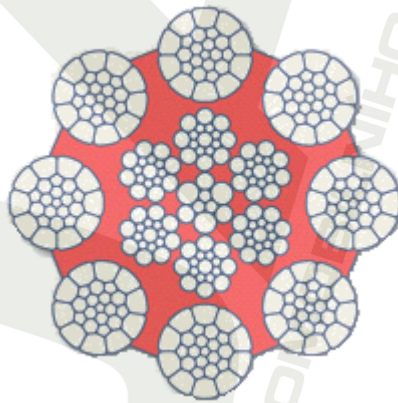
d_{\min} - minimální průměr lana (mm)

4.5 Výběr lana

- výpočet proveden dle [5, str. 7]

Volím lano CASAR TURBOPLAST, 8-mi pramenné z umrtvených drátků

Schéma lana Turboplast [viz 6]



tab.8: technické parametry lana[6]

Jmenovitý průměr d (mm)	22
Jmenovitý kovový průřez S (mm ²)	252,3
Hmotnost m _l (kg/100m)	223
Jmenovitá únosnost drátku (N/mm ²)	1960
Jmenovitá únosnost F _j (kN)	494,4
Skutečná únosnost F _s (kN)	425,2

4.5 Minimální únosnost lana

$$F_{\min} = F_L \cdot z_p = 57750 \cdot 5,6 = 379400 \text{ N}$$

F_L - síla v laně (N)

z_p - minimální součinitel bezpečnosti lana (-), viz Tab.9

tab.9: minimální součinitel bezpečnosti lana[5, str.6]

Klasifikace mechanismu	Hodnoty z _p
M1	3,15
M2	3,35
M3	3,55
M4	4,0
M5	4,5
M6	5,6
M7	7,1
M8	9,0

4.6 Bezpečnost lana

$$F_{\min} \leq F_s$$

$$379400 \leq 425200 \Rightarrow \text{yhovuje}$$

$$k_1 = \frac{F_s}{F_L} = \frac{425200}{67750} = 6,276$$

$$k_1 \geq z_p$$

$$6,276 \geq 5,6 \Rightarrow \text{yhovuje}$$

F_s - skutečná únosnost lana (N)

F_{\min} - minimální únosnost lana (N)

F_L - síla v laně (N)

z_p - minimální součinitel bezpečnosti lana (-)

5. Výpočet kladek

- výpočet proveden dle [5, str. 7]

Kladky jsou odlity z oceli na odlitky 42 2650.2

5.1 Minimální průměr vodicích kladek

$$D_{K_{\min}} = 1_2 \cdot t \cdot d_{\min} = 2,4 \cdot 0,95 \cdot 19,73 = 45,95 \text{ mm}$$

volím průměr kladek $D_K = 560 \text{ mm}$

d_{\min} - minimální průměr lana (mm), viz 4.3

t - součinitel typu lana (-), viz Tab.12

h_2 - součinitel výběru pro kladku (-), viz Tab.10

tab.10: určení součinitele pro výběr kladky [5, str. 8]

Klasifikace mechanismu	h_2
M1	12,5
M2	14
M3	16
M4	18
M5	20
M6	22,4
M7	25
M8	28

5.2 Minimální průměr vyrovnávací kladky

$$D_{KV_{\min}} = 1_3 \cdot t \cdot d_{\min} = 6 \cdot 0,95 \cdot 19,73 = 113,9 \text{ mm}$$

dle normalizované řady volím průměr kladky $D_{KV} = 400 \text{ mm}$

d_{\min} - minimální průměr lana (mm), viz 4.3

t - součinitel typu lana (-), viz Tab.12

h_3 - součinitel výběru pro kladku (-), viz Tab.11

tab.11: určení součinitele pro výběr vyrovnávací kladky[5,str.22]

Klasifikace mechanismu	h_3
M1	11,2
M2	12,5
M3	12,5
M4	14
M5	14
M6	16
M7	16
M8	18

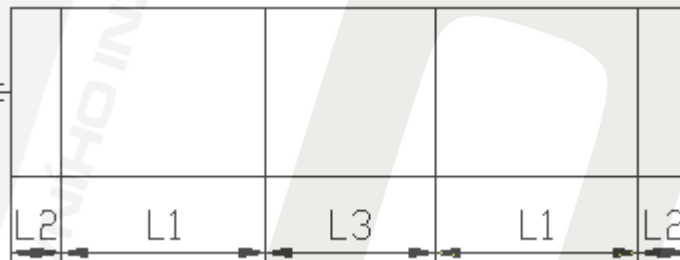
tab.12: určení součinitele typu lana [5,str.8]

Počet vnějších pramenů v laně	součinitel typu lana t
3-5	1,25
6-10	1,00
8-10 s plastickou výplní	0,95
10 a více	1,00

6. Výpočet lanového bubnu

- výpočet proveden dle: [5, str. 7]
[1, str. 38.- 41.]

Schéma lanového bubnu:



6.1 Minimální průměr lanového bubnu

$$D_{B_{\min}} = h_1 \cdot t \cdot d_{\min} = 20 \cdot 0,95 \cdot 19,73 = 374,9 \text{ mm}$$

z důvodu zástavbových rozměrů rámu kočky, volím normalizované řady volím průměr lanového bubnu $D_B = 630 \text{ mm}$

d_{\min} - minimální průměr lana (mm) , viz 4.3

t - součinitel typu lana (-), viz Tab.14

h_1 - součinitel výběru pro lanový buben (-), viz Tab.13

tab.13: určení součinitele pro lanový buben [5, str.8]

Klasifikace mechanismu	h_1
M1	11,2
M2	12,5
M3	14
M4	16
M5	18
M6	20
M7	22,4
M8	25

tab.14: určení součinitele typu lana [5, str.8]

Počet vnějších pramenů v laně	součinitel typu lana t
3-5	1,25
6-10	1,00
8-10 s plastickou výplní	0,95
10 a více	1,00

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

6.2 Lanový převod

$$i_k = \frac{1}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$$

n - počet nosných průřezů lana (-)

6.3 Navíjená délka lana

$$L = i_k \cdot h = 2,5 \cdot 12 = 30 \text{ m}$$

i_k - lanový převod (-)

h - výška zdvihu (m)

6.4 Počet závitů lana na polovině bubnu

$$z = \frac{L}{\pi \cdot D_B} + i = \frac{36}{3,14 \cdot 0,63} + i = 18,2 \Rightarrow 18 \text{ závitů}$$

D_B - průměr lanového bubnu (m)

L - navíjená délka lana (m)

6.5 Délka závitové části bubnu

$$l_1 = z \cdot p = 12 \cdot 25 = 300 \text{ mm}$$

z - počet závitů (-)

p - rozteč závitů (mm), dle průměru lana

6.6 Délka krajních hladkých částí bubnu

$$l_2 = 1 \cdot p = 1 \cdot 25 = 25 \text{ mm}$$

p - rozteč závitů (mm), dle průměru lana

6.7 Celková délka bubnu

$$L_B = 2 \cdot l_1 + 2 \cdot l_2 + l_3 = 2 \cdot 300 + 2 \cdot 25 + 100 = 750 \text{ mm}$$

l_1 - délka závitové části bubnu (mm)

l_2 - délka krajních hladkých částí bubnu (mm)

l_3 - střední část lanového bubnu volena dle rozměru kladnice (mm)

6.8 Tloušťka stěny bubnu

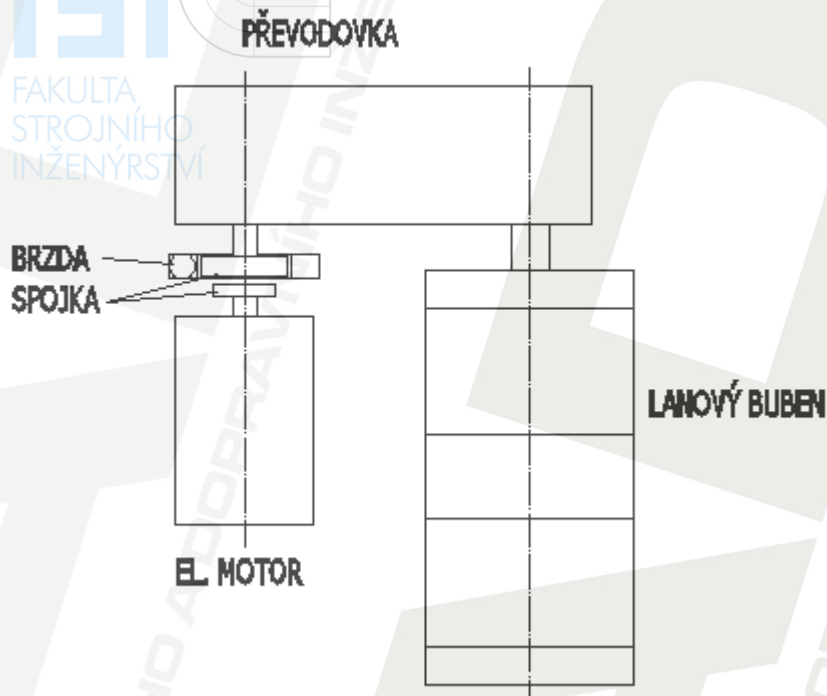
$$s = 0,8 \cdot d = 0,8 \cdot 22 = 17,6 \text{ mm}$$

d - průměr lana (mm), viz tab.8

7. Výpočet výkonu el. motoru zdvihu

- výpočet proveden dle: [1, str. 66. - 74.]

Schéma zdvihového ústrojí:



7.1 Celková mechanická účinnost zdvihacího ústrojí

$$\eta_C = \eta_L \cdot \eta_B \cdot \eta_P = 0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,98 = 0,92$$

η_L - účinnost lanového systému viz. 4.2

η_B - účinnost lanového bubnu při uložení na valivých ložiskách

η_P - účinnost převodovky

7.2 Výkon el. motoru pro danou zdvihovou rychlost

$$P = \frac{(m_{kl} + m_m + m_b) \cdot g \cdot v_z}{60 \cdot 1000 \cdot \eta_c} = \frac{(50 + 1800 + 16000) \cdot 9,8 \cdot 13}{60 \cdot 1000 \cdot 0,92} = 13,82 \text{ kW}$$

m_{kl} - hmotnost kladnice (kg)

m_m - hmotnost elektromagnetu (kg)

m_b - hmotnost břemene (kg)

g - gravitační zrychlení

v_z - zdvihová rychlost ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

7.3 Volba motoru

- výpočet proveden dle katalogu K15-0309 firmy Siemens [4]

- převzato z katalogu firmy Siemens [4]

- volím trojfázový asynchronní motor s rotorem nakrátko dle katalogu firmy SIEMENS

- jmenovitý výkon platí pro trvalé zatížení dle ČSN EN 60034-1 při kmitočtu 50Hz, teplotě okolí do 40°C a nadmořské výšce do 1000m.

- motor lze použít pro teplotu okolí od -20°C do +40°C

Typ motoru	1LG6 317-8PM8
Jmenovitý výkon P_N	110 kW
Otáčky n_M	740 min^{-1}
Jmenovitý moment M_n	1420 Nm
Moment setrvačnosti motoru s brzdou J_Z	4,5 kgm^2
Účinnost jmenovitého výkonu $\cos \varphi$	0,84
Účinnost jmenovitého výkonu η	94,3 %
Jmenovitý proud při 690V	116 A
Poměrný záběrný moment	2,4
Poměrný záběrný proud	6,4
Poměrný moment zvratu	2,6
Momentová třída KL	13
Hmotnost cca	1100kg

obr. Elektromotoru Siemens
 - převzato z katalogu firmy Siemens[4]



7.4 Jmenovitý výkon motoru při teplotě 30-40°C a nadmořské výšce do 1000m

$$P_{N40} = P_N \cdot f = 10 \cdot 1 = 10 \text{ kW}$$

P_N - jmenovitý výkon (kW)

f - teplotní součinitel (-), viz Tab. 15

7.5 Jmenovitý výkon motoru při teplotě do 30°C a nadmořské výšce do 1000m

$$P_{N30} = P_N \cdot f = 10 \cdot 1,07 = 18 \text{ kW}$$

P_N - jmenovitý výkon (kW)

f - teplotní součinitel (-), viz Tab. 15

tab.15: určení teplotního součinitele [4]

Nadmořská výška (m)	Teplota okolí (°C)		
	<30	30-40	45
	Teplotní součinitel $f(-)$		
1000	1,07	1,00	0,96
1500	1,04	0,97	0,93
2000	1,00	0,94	0,90
2500	0,96	0,90	0,86

7.6 Volba frekvenčního měniče pro řízení zdvihu

- převzato z katalogu firmy Siemens [4]

- volím frekvenční měnič Micromaster 440 od firmy Siemens určený pro zdviže a jeřáby

Typ měniče kmitočtu	Micromaster 440
Pracovní napětí sítě	3 AC 380V až 480V
Výstupní výkon	110kW
Vstup. kmitočet	47-63Hz
Výstup. kmitočet	0-267Hz
cos φ	≥0,95
Účinnost měniče	97%
Přetížitelnost	1,5x po dobu 1s
Teplota okolí při provozu	-10 ⁰ C až +40 ⁰ C
Relativní vlhkost vzduchu	95%
Provoz nadmořská výška	Do 1000m n.m.
Nárazový proud	Do jmenovité hodnoty vstup. proudu
Brzdění	Odporové brzdění s brzděním stejnosměrným proudem, Kombinované brzdění
Objednací číslo	6SE6440-2UD41-1FA1

Základní charakteristiky:

- Snadné nastavení podle pokynů.
- Modulární sestava zajišťuje maximální konfigurační pružnost.
- Šest programovatelných izolovaných digitálních vstupů.
- Dva analogové vstup (0 V až 10 V, 0 až 20mA)
- Tři programovatelné reléové výstup (30 V DC/ 5 A ohmické zatížení; 250 V AC/2 A indukční zatížení)
- Díky vysokým modulačním frekvencím tichý chod motoru, nastavitelné
- Kompletní ochrana motoru a měniče

Mechanické vlastnosti:

- Modulární koncepce
- Provozní teploty $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pro 90-200kW
- Kompaktní skříň z díky vysoké hustotě výkonu
- Odpojitelné ovládací panely

Výkonové charakteristiky:

- Řízení pomocí digitálních mikroprocesorů
- FCC (regulace proudu) ke zlepšení dynamické odezvy a optimalizaci řízení motoru
- Lineární charakteristika U/f
- Vícebodová charakteristika (programovatelná charakteristika U/f)
- Letmý start
- Kompenzace skluzu
- Momentové řízení
- Automatické restartování po výpadku nebo poruše napájení
- Jednoduché řízení procesů usnadňuje PID regulátor
- Zaoblení křivky nárůstu otáček
- Rychlá ochrana proti nadměrnému vzrůstu proudu(FCL) zajišťuje plynulý provoz
- Rychlé řízené brždění pomocí kombinovaného brždění
- Čtyři rezonanční frekvence

Ochrana proti:

- podpětí
- přepětí
- přetížení měniče
- zkratová ochrana
- přehřátí měniče
- přehřátí motoru
- mechanickému zablokování motoru
- zemním zkratům

7.7 Výpočet a volba převodovky

- výpočet proveden dle: [1, str.66.- 70.]

7.7.1 Otáčky lanového bubnu

$$n_B = \frac{i_k \cdot v_z}{\pi \cdot D_B} = \frac{3 \cdot 13}{3,14 \cdot 0,63} = 9,7 \text{ ot.min}^{-1}$$

D_B - průměr lanového bubnu (m)

v_z - rychlost zdvihu (m/min)

i_k - lanový převod (-)

7.7.2 Převod převodovky

$$i_p = \frac{n_M}{n_B} = \frac{740}{19,7} = 37,6$$

n_M - otáčky motoru (min^{-1})

n_B - otáčky bubnu (min^{-1})

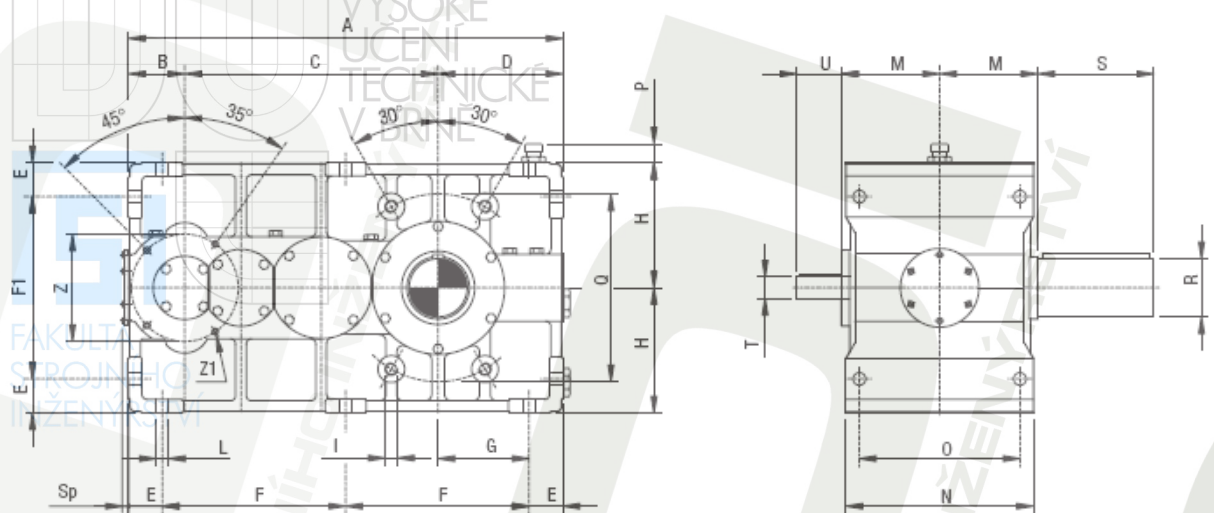
7.7.3 Volba převodovky

- převzato z katalogu firmy ALLIANCE (7)

- volím převodovku PC100UB40BPAM2 dle katalogu firmy ALLIANCE Transmission

Nominální převodový poměr i_N	40
Účinnost η	98%
Výstupní krouticí síla	80600Nm
Rozsah otáček n_1 - n_2	750-18,8 min^{-1}
Skutečný převodový poměr i	40,468
Moment setrvačnosti J	0,1266 kg.m^2
F_{R1}	28000N
F_{R2}	161100N
Hmotnost	1810kg
Množství oleje v převodovce	102l

Schéma převodovky: převzato s katalogu firmy ALLIANCE [7]



tab.16:rozměry převodovky(mm) [7]

Typ	A	B	C	D	E	F	F1	G	H	I	L	M
100	1390	180	810	400	93	602	614	307	400	M39	36	310
	N	O	P	Q	R	S	T	U	Z	Z1	Sp	
100	600	520	25	640	200	350	70	140	320	M18	18	

7.7.4 Kroučící moment na lanovém bubnu

$$M_{KB} = \gamma \cdot F_L \cdot \frac{D_B}{2} = \gamma \cdot 67750 \cdot \frac{0,630}{2} = 12682,5 \text{ Nm}$$

D_B - průměr lanového bubnu (m)

F_L - síla v laně (N)

7.7.5 Reálné otáčky bubnu

$$i = \frac{n_M}{n_B} \Rightarrow i_R = \frac{n_M}{i} = \frac{740}{40,468} = 8,28 \text{ ot/min}$$

n_M - otáčky motoru (min^{-1})

i - skutečný převodový poměr (-)

7.7.6 Skutečná zdvihová rychlost

- skutečná zdvihová rychlost by se měla pohybovat v rozsahu $\pm 1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ proti požadované pracovní rychlosti zdvihu

$$n_B = \frac{i_K \cdot v_z}{\pi \cdot D_B} \Rightarrow n_{BR} = \frac{n_{BR} \cdot \pi \cdot D_B}{i_K} = \frac{18,28 \cdot 3,14 \cdot 0,63}{3} = 2,05 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

n_{BR} - reálné otáčky bubnu (min^{-1})

i_K - lanový převod (-)

D_B - průměr lanového bubnu (m)

7.8 Kontrola rozběhového moment motoru

- výpočet proveden dle: [1, str.66-74.]

7.8.1 Celkový převod

$$i_C = i_K \cdot i_N = 1 \cdot 40 = 20$$

i_K - lanový převod (-)

i_N - nominální převod převodovky (-)

7.8.2 Statický moment břemene

$$M_{ST} = \frac{(m_{kl} + m_m + m_b) \cdot g \cdot D_B}{2 \cdot i_C \cdot \eta_C} = \frac{(50 + 800 + 6000) \cdot 9,8 \cdot 0,63}{2 \cdot 20 \cdot 0,92} = 136,6 \text{ Nm}$$

m_{kl} - hmotnost kladnice (kg)

m_m - hmotnost elektromagnetu (kg)

m_b - hmotnost břemene (kg)

g - gravitační zrychlení

i_C - celkový převod viz.7.8.1

η_C - celková mechanická účinnost viz.7.1

D_B - průměr lanového bubnu (m)

7.8.3 Moment zrychlujících sil hmot postupných

$$M_{ZPz} = M_{STz} \cdot \frac{v_{ZR}}{60 \cdot g \cdot t_{az}} = \frac{136,6 \cdot 12,05}{60 \cdot 9,8 \cdot 0,67} = 14,8 \text{ Nm}$$

v_{ZR} - reálná zdvihová rychlost ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

t_{az} - doba rozběhu (s)

M_{STz} - statický moment břemene (Nm)

7.8.3.1 Doba rozběhu

$$t_{az} = \frac{v_{ZR}}{60 \cdot a} = \frac{12,05}{60 \cdot 0,3} = 0,67 \text{ s}$$

v_{ZR} - reálná zdvihová rychlost (m/min)

a - zdvihové zrychlení ($0,2 \div 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

7.8.4 Moment zrychlujících sil hmot rotujících

$$M_{ZR} = \frac{J_Z \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{t_{az}} = \frac{4,5 \cdot 1,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 12,33}{0,67} = 572 \text{ Nm}$$

n_m – otáčky motoru (ot/s)

α – součinitel zahrnující vliv zrychlení hmot rotujících na jiných hřídelích než rotor motoru, vzhledem k tomuto rotoru ($1,1 \div 1,5$)

J_Z - moment setrvačnosti motoru s brzdou ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

t_{az} - doba rozběhu (s)

7.9 Výsledný rozběhový moment

$$M_R = M_{ST} + M_{ZP} + M_{ZR} = 136,6 + 14,8 + 572 = 743 \text{ Nm}$$

M_{ZR} - Moment zrychlujících sil hmot rotujících

M_{ST} - Statický moment břemene

M_{ZPz} - Moment zrychlujících sil hmot postupných

7.10 Jmenovitý moment motoru

$$M_n = 1,55 \cdot P_N \cdot \frac{1000}{n_m} = 1,55 \cdot 110 \cdot \frac{1000}{740} = 419,6 \text{ Nm}$$

P_N - jmenovitý výkon (kW)

n_m - jmenovité otáčky motoru (min^{-1})

7.11 Součinitel momentové přetížitelnosti motoru

$$\chi = \frac{\xi + 0,1}{2} = \frac{2,5 + 0,1}{2} = 0,8$$

tab.17: určení

Magnetové jeřáby	Zatěžovatel $\epsilon(\%)$	ξ
	zdvih	
Malý výkon	25	2,1
střední výkon	40	2,5
velký výkon	60	2,9

7.12 Spouštěcí moment motoru

$$M_{SP} = M_n \cdot \chi = 419,6 \cdot 1,8 = 755,3 \text{ Nm}$$

$$M_{SP} \geq M_R$$

$$755,3 \geq 743 \Rightarrow \text{yhovuje}$$

8. Výpočet brzdy zdvihu

- výpočet proveden dle [1, str. 71.-72.]

8.1 Statický moment břemene, redukováný na rychloběžný hřídel při spouštění

$$M_{STB} = \frac{(m_{kl} + m_m + m_b) \cdot g \cdot D_B}{2 \cdot i_c} \cdot \eta_c = \frac{(50 + 800 + 6000) \cdot 9,8 \cdot 0,63}{2 \cdot 120} \cdot 0,92 = 162 \text{ Nm}$$

m_{kl} - hmotnost kladnice (kg)

m_m - hmotnost elektromagnetu (kg)

m_b - hmotnost břemene (kg)

g - gravitační zrychlení

i_c - celkový převod viz. 7.7.1

η_c - celková mechanická účinnost viz. 7.1

D_B - průměr lanového bubnu (m)

8.2 Moment zrychlujících sil hmot postupných

$$M_{ZPB} = M_{STB} \frac{v_{ZR}}{60 \cdot g \cdot t_b} = 162 \cdot \frac{12,05}{60 \cdot 9,8 \cdot 1} = 9,7 \text{ Nm}$$

v_{ZR} - reálná zdvihová rychlost ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

M_{STB} - statický moment břemene při spouštění (Nm)

t_b - doba brzdění při spouštění břemene se volí ($0,5 \div 1,5$ s), obvykle $t_b = 1$ s

8.3 Moment zrychlujících sil hmot rotujících

$$M_{ZRB} = \frac{J_z \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{t_b} = \frac{4,5 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 12,33}{1} = 153 \text{ Nm}$$

n_m - otáčky motoru (ot/s)

α - součinitel zahrnující vliv zrychlení hmot rotujících na jiných hřídelích než rotor motoru, vzhledem k tomuto rotoru ($1,1 \div 1,4$)

J_z - moment setrvačnosti motoru ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

t_b - doba brzdění při spouštění břemene se volí ($0,5 \div 1,5$ s), obvykle $t_b = 1$ s

8.4 Brzděný moment

$$M_B = M_{STB} + M_{ZPB} + M_{ZRB} = 162 + 9,7 + 153 = 435 \text{ Nm}$$

M_{STB} - statický moment břemene viz.8.1

M_{ZRB} - Moment zrychlujících sil hmot rotujících

M_{ZPB} - Moment zrychlujících sil hmot postupných

FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

8.5 Potřebný brzděný moment na rychloběžném hřídeli

$$M_b = \beta \cdot M_{STB} = 1,75 \cdot 162 = 683,5 \text{ Nm}$$

M_{STB} - statický moment břemene viz.8.1

β - bezpečnost brzdy, viz. Tab.18

tab.18:určení bezpečnosti brzdy[1,str.71]

Typ provozu	bezpečnost brzdy β
lehký	1,5
střední	1,75
těžký	2,0

$$M_b \geq M_B$$

$$1683,5 \geq 435 \Rightarrow \text{yhovuje}$$

8.6 Doba brzdění při spouštění

$$t_{bs} = \frac{\pi \cdot n_m' \cdot \alpha \cdot J_Z}{30 \cdot (M_b - M_{STB})} = \frac{3,14 \cdot 740 \cdot 1,3 \cdot 4,5}{30 \cdot (1638,5 - 162)} = 1,67 \text{ s}$$

n_m' - otáčky motoru při nadsynchronním brzdění. Při použití frekvenčního měniče nedojde při spouštění břemene k překročení jmenovitých otáček motoru (ot/min)

J_Z - moment setrvačnosti motoru ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$), viz 7.3

M_{STB} - statický moment břemene při spouštění (Nm), viz. 8.1

M_b - potřebný brzdny moment na rychloběžném hřídeli (Nm), viz. 8.5

α - součinitel zahrnující vliv zrychlení hmot rotujících na jiných hřídelích než rotor (-)
viz. (1, str. 72)

8.7 Doba brzdění při zvedání

$$t_{bz} = \frac{\pi \cdot n_m \cdot \alpha \cdot J_Z}{30 \cdot (M_b + M_{STB})} = \frac{3,14 \cdot 740 \cdot 1,3 \cdot 4,5}{30 \cdot (1638,5 + 162)} = 1,17 \text{ s}$$

n_m - jmenovité otáčky motoru (ot/min), viz 7.3

J_Z - moment setrvačnosti motoru ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$), viz 7.3

M_{STB} - statický moment břemene při spouštění (Nm), viz. 8.1

M_b - potřebný brzdny moment na rychloběžném hřídeli (Nm), viz. 8.5

α - součinitel zahrnující vliv zrychlení hmot rotujících na jiných hřídelích než rotor (-)
viz. (1, str. 72)

9. Pevnostní výpočet rámu kočky

Pro výpočet byly použity normy: [8, str.8.-36.]

9.1 Součinitele zatížení

9.1.1 Součinitel zatížení od jmenovitého břemene

Jeřáb je vybaven zařízením proti přetížení, proto se uvažuje ve výpočtu součinitel

$$\gamma_{10} = 1,2$$

9.1.2 Součinitel zatížení od vlastní hmotnosti

Pro zatížení vyvozená vlastní hmotností se uvažuje součinitel zatížení $\gamma_g = 1,1$

9.1.3 Dynamický součinitel zdvihový

$$\delta_h = 1,3 + 0,39 \cdot v_z = 1,3 + 0,39 \cdot 13/60 = 1,38$$

v_z – rychlost zdvihu (m/min)

9.1.4 Dynamický součinitel pojezdový

Dráha s kolejnicí		δ_t
Se styky	Bez styků nebo se styky svařovanými	
$v_p \leq 1 \text{ m.s}^{-1}$	$v_p \leq 1,5 \text{ m.s}^{-1}$	1,1
$1 \text{ m.s}^{-1} < v_p < 3,3 \text{ m.s}^{-1}$	$1,5 \text{ m.s}^{-1} < v_p < 5 \text{ m.s}^{-1}$	1,2

v_p – pojezdová rychlost – $60/60 = 1 \text{ m.s}^{-1}$

9.1.5 Celkový součinitel kombinace

Břemena: $\gamma_g \cdot \delta = 1,2 \cdot 1,38 = 1,66$

Hmotnosti: $\delta \cdot \gamma_g = 1,38 \cdot 1,1 = 1,52$

9.2 Zatížení

9.2.1 Zatěžovací stav 1 - Vlastní tíha generována z průřezu nosníků

9.2.2 Zatěžovací stav 2 – Rovnoměrná tíha

Celková hmotnost jeřábové kočky $m_K = 9000$ kg
(hmotnost-kočky, lan, kol, pojezd. motorů atd.)

Do výpočtu nejsou zahrnuty hmotnosti pojezdových kol a jejich pohonů $m_{PP} = 1000$ kg

$$F_{RT} = (m_K \cdot g) - F_C - (m_{PP} \cdot g) = (9000 \cdot 9,8) - 6500 - (1000 \cdot 9,8) = 11900 \text{ N} = 11,9 \text{ kN}$$

G_C - celková tíha komponentů (N), viz. 9.2.3

9.2.3 Zatěžovací stav 3 - Tíha komponentů

Součást	Hmotnost (kg)	Tíha (kN)
Motor Siemens 1LG6 317-8PM8	1100	$G_S = 10,8$
Převodovka PC100UB40BPAM2	1810	$G_P = 17,7$
Lanový buben	820	$G_B = 8 \rightarrow G_{B1, B2} = 4$
Celková tíha komponentů		$G_C = 36,5$

9.2.4 Zatěžovací stav 4

- Zatížení od jmenovité hmotnosti břemene, kladnice a elektromagnetu

- v ložisku horních kladek

$$F_{K1,2} = \frac{(m_b + n_{kl} + n_m) \cdot g}{3} = \frac{(36000 + 150 + 1800) \cdot 9,8}{3} = 32790 \text{ N} = 32,8 \text{ kN}$$

- v ložisku lanového bubnu a převodovce

$$F_{B1,2} = \frac{(m_b + n_{kl} + n_m) \cdot g}{6} = \frac{(36000 + 150 + 1800) \cdot 9,8}{6} = 56395 \text{ N} = 56,4 \text{ kN}$$

m_{kl} - hmotnost kladnice (kg)

m_m - hmotnost elektromagnetu (kg)

m_b - hmotnost břemene (kg)

- Celkové zatížení od jmenovité hmotnosti břemene

$$F_V = 1 \cdot F_{K1,2} + 1 \cdot F_{B1,2} = 1 \cdot 132,8 + 1 \cdot 66,4 = 198 \text{ kN}$$

9.3 Kombinace únosnosti – celkové součinitele

9.3.1 C1. Základní kombinace napětí

Zatěžovací stav 1,2,3: $\delta_t \cdot \gamma_g = 1,2 \cdot 1,1 = 1,32$

Zatěžovací stav 4: $\gamma_{10} \cdot \delta_h = 1,2 \cdot 1,38 = 1,66$

9.3.2 C2. Únosnost při únavě – maximální

Zatěžovací stav 1,2,3: $\delta_t = 1,2$

Zatěžovací stav 4: $\delta_h = 1,38$

9.3.3 C3. Únosnost při únavě – minimální

Zatěžovací stav 1,2,3: $\delta_t = 1,2$

9.4 Kombinace použitelnosti – součinitele 1,0

9.4.1 C1. Tíha rámu – nosníky včetně plošin

Z.S.1.+Z.S.2.

9.4.2 C2. Tíha rámu – včetně komponentů

Z.S.1.+Z.S.2+Z.S.3

9.4.3 C3. Zatížení celkem – pro průhyb

Z.S.1.+Z.S.2+Z.S.3+Z.S.4

9.5 Výpočet rámu jeřabové kočky

Statický výpočet rámu jeřabové kočky byl proveden pomocí programu Nexis 32 verze 3.30.08, typ konstrukce byl zvolen jako rošt

použité normy pro zatížení:[9.]

9.5.1 Základní data o konstrukci

Typ konstrukce: Rošt XY

Počet uzlů :	24
Počet prutů :	27
Počet maker 1D:	22
Počet linií :	0
Počet 2D maker :	0
Počet průřezů :	6
Počet stavů :	4
Počet materiálů:	1

9.5.2 Materiál

Jméno		
S 355	Pevnost v tahu	510.00 MPa
	Mez kluzu	355.00 MPa
	Modul E	210000.00 MPa
	Poissonův souč.	0.30
	Objemová hmotnost	7850.00 kg/m ³
	Roztažnost	0.012 mm/m.K
12 060.1	Pevnost v tahu	600 MPa
	Mez kluzu	345.00 MPa
	Modul E	210000.00 MPa
	Poissonův souč.	0.30
	Objemová hmotnost	7850.00 kg/m ³
	Roztažnost	0.012 mm/m.K

9.5.2.1 Výpis materiálu

čís.	Jméno	jakost	jednotková hmotnost kg/m	délka m	váha kg
1	Skříň pás (220,10,350,6,180)	S 355	67.51	2.30	155.27
2	Skříň pás (175,10,350,6,135)	S 355	60.44	2.30	139.02
3	Skříň pás (450,10,350,10,410)	S 355	125.60	3.70	464.72
4	l ls (450,10,116,12,109,14,220)	S 355	76.62	1.00	76.62
5	Us (570,10,130,10,0)	S 355	63.58	1.86	118.27
6	R100	12 060.1	61.62	0.45	27.73

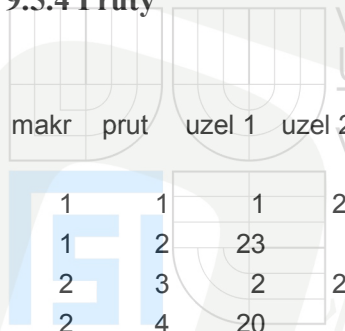
Celková hmotnost konstrukce: 981.63 kg

9.5.3 Uzly

uzel	X m	Y m
1	0.000	0.000
2	0.480	0.000
3	1.410	0.000
4	2.100	0.000
5	2.350	0.000
6	2.350	2.300
7	2.100	2.300
8	1.410	2.300
9	0.480	2.300
10	0.000	2.300
11	0.480	0.925
12	0.920	0.925

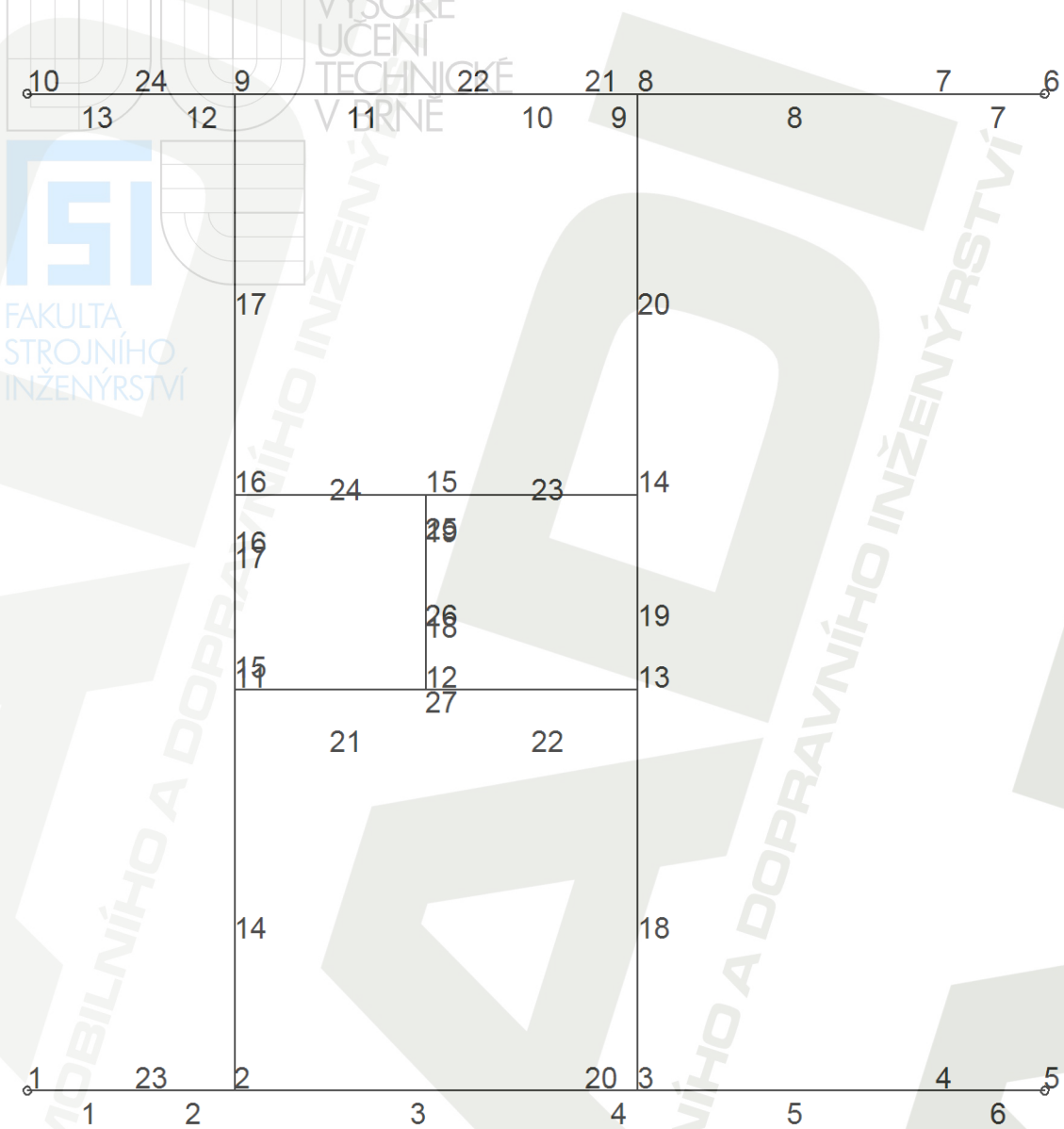
uzel	X m	Y m
13	1.410	0.925
14	1.410	1.375
15	0.920	1.375
16	0.480	1.375
17	0.480	1.200
18	0.920	1.040
19	0.920	1.260
20	1.290	0.000
21	1.290	2.300
22	0.995	2.300
23	0.250	0.000
24	0.250	2.300

9.5.4 Pruty



makr	prut	uzel 1	uzel 2	délka (m)	Rx (deg)	průřez	materiál
1	1	1	23	0.250	0.00 4 - I Is (450,10,116,12,109,...	S 355	
1	2	23	2	0.230	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
2	3	2	20	0.810	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
2	4	20	3	0.120	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
3	5	3	4	0.690	0.00 3 - Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
4	6	4	5	0.250	0.00 4 - I Is (450,10,116,12,109,...	S 355	
5	7	6	7	0.250	0.00 4 - I Is (450,10,116,12,109,...	S 355	
6	8	7	8	0.690	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
7	9	8	21	0.120	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
7	10	21	22	0.295	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
7	11	22	9	0.515	0.00 3 – Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
8	12	9	24	0.230	0.00 3 - Skříň pás (450,10,350,10...	S 355	
8	13	24	10	0.250	0.00 4 - I Is (450,10,116,12,109,...	S 355	
9	14	2	11	0.925	0.00 1 - Skříň pás (220,10,350,6,...	S 355	
10	15	11	17	0.275	0.00 1 – Skříň pás (220,10,350,6,...	S 355	
11	16	17	16	0.175	0.00 1 – Skříň pás (220,10,350,6,...	S 355	
12	17	16	9	0.925	0.00 1 – Skříň pás (220,10,350,6,...	S 355	
13	18	3	13	0.925	0.00 2 – Skříň pás (175,10,350,6,...	S 355	
14	19	13	14	0.450	0.00 2 – Skříň pás (175,10,350,6,...	S 355	
15	20	14	8	0.925	0.00 2 – Skříň pás (175,10,350,6,...	S 355	
16	21	11	12	0.440	0.00 5 - Us (570,10,130,10,0)	S 355	
17	22	12	13	0.490	0.00 5 - Us (570,10,130,10,0)	S 355	
18	23	14	15	0.490	0.00 5 - Us (570,10,130,10,0)	S 355	
19	24	15	16	0.440	0.00 5 - Us (570,10,130,10,0)	S 355	
20	25	15	19	0.115	0.00 6 - R100	12 060.1	
21	26	19	18	0.220	0.00 6 - R100	12 060.1	
22	27	18	12	0.115	0.00 6 - R100	12 060.1	

obr. číslování prutů a uzlu



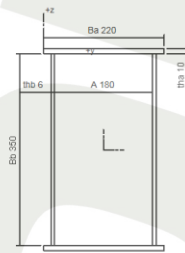
Číslování prutů a uzlu

9.5.5 Pružry

9.5.5.1 Skříňová pásnice



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Skříň pás (220,10,350,6,180)

Průřez č. 1 - Skříň pás (220,10,350,6,180)
Materiál : 3 - S 355

1	P10/220 - S 355
2	P6/350 - S 355
3	P6/350 - S 355
4	P10/220 - S 355

A : 8.600000e+003 mm²

Ay/A : 0.433

Iy : 1.854717e+008 mm⁴

Iyz : -1.355253e-008 mm⁴

Iw : 0.000000e+000 mm⁶

Wely : 1.002550e+006 mm³

Wply : 1.159500e+006 mm³

cy : 110.00 mm

iy : 146.86 mm

dy : 0.00 mm

Az/A : 0.502

Iz : 5.408507e+007 mm⁴

It : 1.140876e+008 mm⁴

Welz : 4.916824e+005 mm³

Wplz : 6.326000e+005 mm³

cz : -175.00 mm

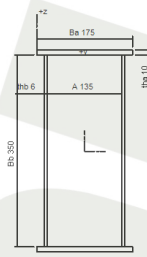
iz : 79.30 mm

dz : 0.00 mm

9.5.5.2 Skříňová pásnice



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Skříň pás (175,10,350,6,135)

Průřez č. 2 - Skříň pás (175,10,350,6,135)
Materiál : 3 - S 355

1	P10/175 - S 355
2	P6/350 - S 355
3	P6/350 - S 355
4	P10/175 - S 355

A : 7.700000e+003 mm²

Ay/A : 0.366

Az/A : 0.561

Iy : 1.563042e+008 mm⁴

Iz : 2.981994e+007 mm⁴

Iyz : 2.710505e-008 mm⁴

It : 6.954325e+007 mm⁴

Iw : 0.000000e+000 mm⁶

Wely : 8.448873e+005 mm³

Welz : 3.407993e+005 mm³

Wply : 9.974999e+005 mm³

Wplz : 4.492250e+005 mm³

cy : 87.50 mm

cz : -175.00 mm

iy : 142.48 mm

iz : 62.23 mm

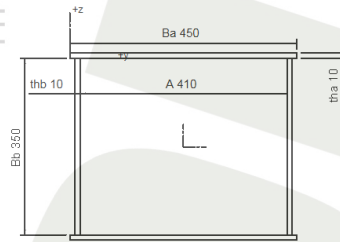
dy : 0.00 mm

dz : 0.00 mm

9.5.5.3 Skříňová pásnice



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Skříň pás (450,10,350,10,410)

Průřez č. 3 - Skříň pás (450,10,350,10,410)

Materiál: 3 - S 355

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | P10/450 - S 355 |
| 2 | P10/350 - S 355 |
| 3 | P10/350 - S 355 |
| 4 | P10/450 - S 355 |

A : 1.600000e+004 mm²

Ay/A : 0.525

Iy : 3.631333e+008 mm⁴

Iyz : 0.000000e+000 mm⁴

Iw : 0.000000e+000 mm⁶

Wely : 1.962883e+006 mm³

Wply : 2.232500e+006 mm³

cy : 225.00 mm

iy : 150.65 mm

dy : 0.00 mm

Az/A : 0.450

Iz : 4.606333e+008 mm⁴

It : 5.861907e+008 mm⁴

Welz : 2.047259e+006 mm³

Wplz : 2.482500e+006 mm³

cz : -175.00 mm

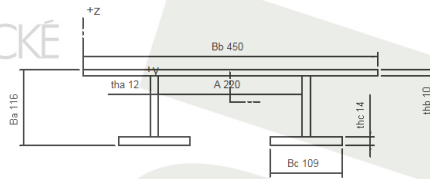
iz : 169.67 mm

dz : 0.00 mm

9.5.5.4 Svařovaný profil



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



I Is (450,10,116,12,109,14,220)

Průřez č. 4 - I Is (450,10,116,12,109,14,220)

Materiál : 3 - S 355

- | | |
|---|-----------------|
| 1 | P10/450 - S 355 |
| 2 | P12/92 - S 355 |
| 3 | P12/92 - S 355 |
| 4 | P14/109 - S 355 |
| 5 | P14/109 - S 355 |

A : 9.760000e+003 mm²

Ay/A : 0.276

Iy : 2.145208e+007 mm⁴

Iyz : 0.000000e+000 mm⁴

Iw : 4.478667e+012 mm⁶

Wely : 3.204626e+005 mm³

Wply : 4.196854e+005 mm³

cy : 225.00 mm

iy : 46.88 mm

dy : 0.00 mm

Az/A : 0.200

Iz : 1.497643e+008 mm⁴

It : 4.692053e+005 mm⁴

Welz : 6.656190e+005 mm³

Wplz : 1.116410e+006 mm³

cz : -39.06 mm

iz : 123.87 mm

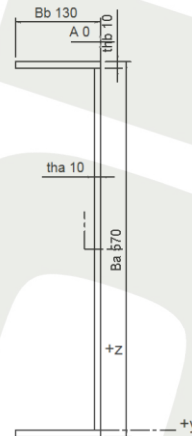
dz : 81.50 mm

9.5.5.5 Pásovina



FAKULTA
STROJNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



Us (570,10,130,10,0)

Průřez č. 5 - Us (570,10,130,10,0)
Materiál : 3 - S 355

1	P10/550 - S 355
2	P10/130 - S 355
3	P10/130 - S 355

A : 8.100000e+003 mm²

Ay/A : 0.127

Iy : 3.425075e+008 mm⁴

Iyz : 0.000000e+000 mm⁴

Iw : 6.084993e+011 mm⁶

Wely : 1.201781e+006 mm³

Wply : 1.484250e+006 mm³

cy : -24.26 mm

iy : 205.63 mm

dv : 53.91 mm

Az/A : 0.633

Iz : 1.006305e+007 mm⁴

It : 2.733333e+005 mm⁴

Welz : 9.516724e+004 mm³

Wplz : 1.678041e+005 mm³

cz : 275.00 mm

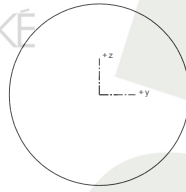
iz : 35.25 mm

dz : -0.00 mm

9.5.5.6 Hřídél



VYSOKÉ
UCENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



R100

Průřez č. 6 - R100

Materiál : 105 - 12 060.1

A	:	7.850000e+003 mm ²			
Ay/A	:	0.850	Az/A	:	0.850
Iy	:	4.814015e+006 mm ⁴	Iz	:	4.814015e+006 mm ⁴
Iyz	:	2.342468e-008 mm ⁴	It	:	9.628029e+006 mm ⁴
Iw	:	0.000000e+000 mm ⁶			
Wely	:	9.698744e+004 mm ³	Welz	:	9.698744e+004 mm ³
Wply	:	1.664764e+005 mm ³	Wplz	:	1.664764e+005 mm ³
cy	:	0.00 mm	cz	:	0.00 mm
iy	:	24.76 mm	iz	:	24.76 mm
dy	:	0.00 mm	dz	:	0.00 mm

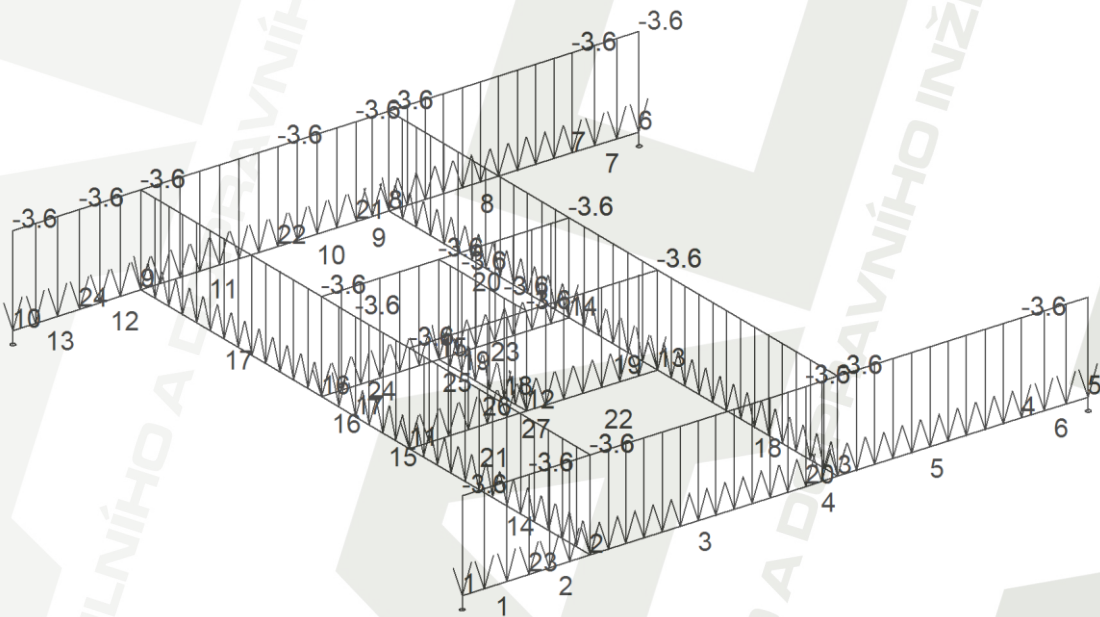
9.5.6 Podpory

podpora	uzel	typ	Velikost m
1	1	Z	0.20
2	5	Z	0.20
3	6	Z	0.20
4	10	Z	0.20

9.5.7 Zatěžovací stavy

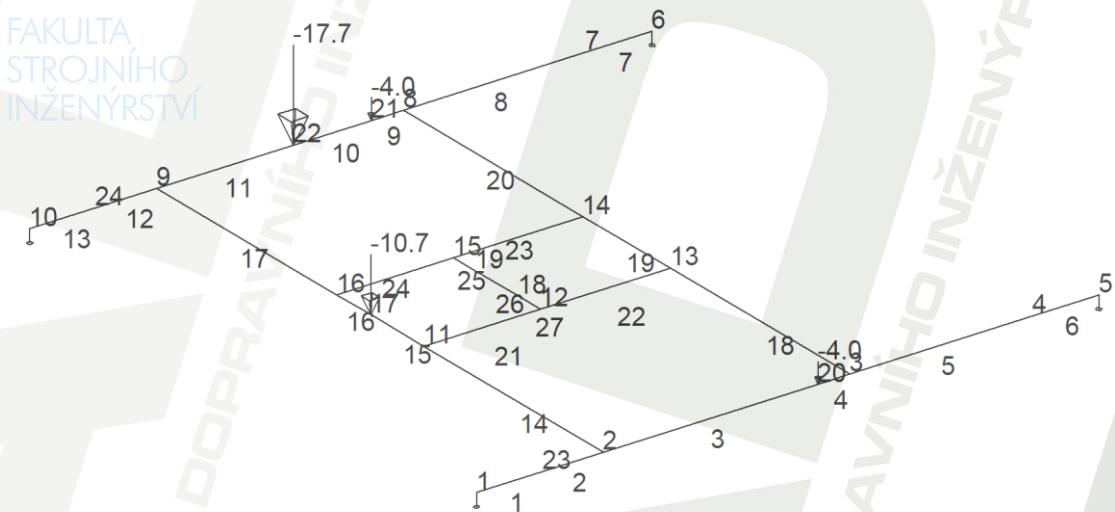
Stav	Jméno	souč.	Popis
1	Vlastní tíha	1.00	Vlastní váha. Směr -Z
2	Rovnoměrná tíha	1.00	Stálé - Zatížení
3	Tíha komponentů	1.00	Stálé - Zatížení
4	Zatížení od bøemene	1.00	Stálé - Zatížení

9.5.7.1 Zatížení od rovnoměrné tíhy – viz 9.2.2



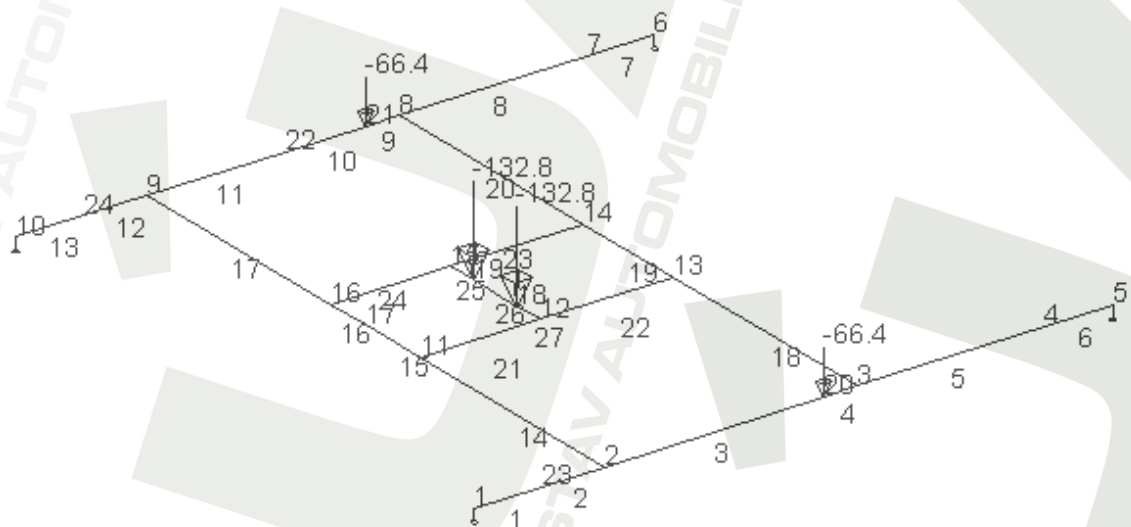
9.5.7.2 Zatížení od hmotnosti komponentů – viz 9.2.3

uzel	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
17	0.00	0.00	-10.70	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	-4.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	-4.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	-17.70	0.00	0.00	0.00



9.5.7.3 Zatížení od hmotnosti břemene – viz 9.2.4

uzel	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
18	0.00	0.00	-132.80	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	-132.80	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	-66.40	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	-66.40	0.00	0.00	0.00



9.5.8 Kombinace zatížení

Kombinace	Norma	Stav	souč.
1.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	2 Rovnoměrná tíha	1.32
1.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	1 Vlastní tíha	1.32
1.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	3 Tíha komponentů	1.32
1.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	4 Zatížení od břemene	1.66
2.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	1 Vlastní tíha	1.20
2.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	2 Rovnoměrná tíha	1.20
2.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	3 Tíha komponentů	1.20
2.základní kombinace napětí	Zadaná - únosnost	4 Zatížení od břemene	1.38
3.únosnost při únavě-min	Zadaná - únosnost	1 Vlastní tíha	1.20
3.únosnost při únavě-min	Zadaná - únosnost	2 Rovnoměrná tíha	1.20
3.únosnost při únavě-min	Zadaná - únosnost	3 Tíha komponentů	1.20
4.tíha rámu - nosníky včetně plošin	Zadaná - použitelnost	1 Vlastní tíha	1.00
4.tíha rámu - nosníky včetně plošin	Zadaná - použitelnost	2 Rovnoměrná tíha	1.00
5.tíha rámu - včetně komponentů	Zadaná - použitelnost	1 Vlastní tíha	1.00
5.tíha rámu - včetně komponentů	Zadaná - použitelnost	2 Rovnoměrná tíha	1.00
5.tíha rámu - včetně komponentů	Zadaná - použitelnost	3 Tíha komponentů	1.00
6.Zatížení celkem - pro průhyb	Zadaná - použitelnost	1 Vlastní tíha	1.00
6.Zatížení celkem - pro průhyb	Zadaná - použitelnost	2 Rovnoměrná tíha	1.00
6.Zatížení celkem - pro průhyb	Zadaná - použitelnost	3 Tíha komponentů	1.00
6.Zatížení celkem - pro průhyb	Zadaná - použitelnost	4 Zatížení od břemene	1.00

9.5.8.1 Základní pravidla pro generování kombinací

Základní pravidla pro generování kombinací na únosnost.

- 1 : 1.32*ZS2 / 1.32*ZS1 / 1.32*ZS3 / 1.66*ZS4
 2 : 1.20*ZS1 / 1.20*ZS2 / 1.20*ZS3 / 1.38*ZS4
 3 : 1.20*ZS1 / 1.20*ZS2 / 1.20*ZS3

Základní pravidla pro generování kombinací na použitelnost.

- 1 : 1.00*ZS1 / 1.00*ZS2
 2 : 1.00*ZS1 / 1.00*ZS2 / 1.00*ZS3
 3 : 1.00*ZS1 / 1.00*ZS2 / 1.00*ZS3 / 1.00*ZS4

Výpis všech zatíž. kombinací na únosnost

- 1/ 3 : +1.20*ZS1+1.20*ZS2+1.20*ZS3
 2/ 2 : +1.20*ZS1+1.20*ZS2+1.20*ZS3+1.38*ZS4
 3/ 1 : +1.32*ZS1+1.32*ZS2+1.32*ZS3+1.66*ZS4

Výpis všech zatíž. kombinací na použitelnost

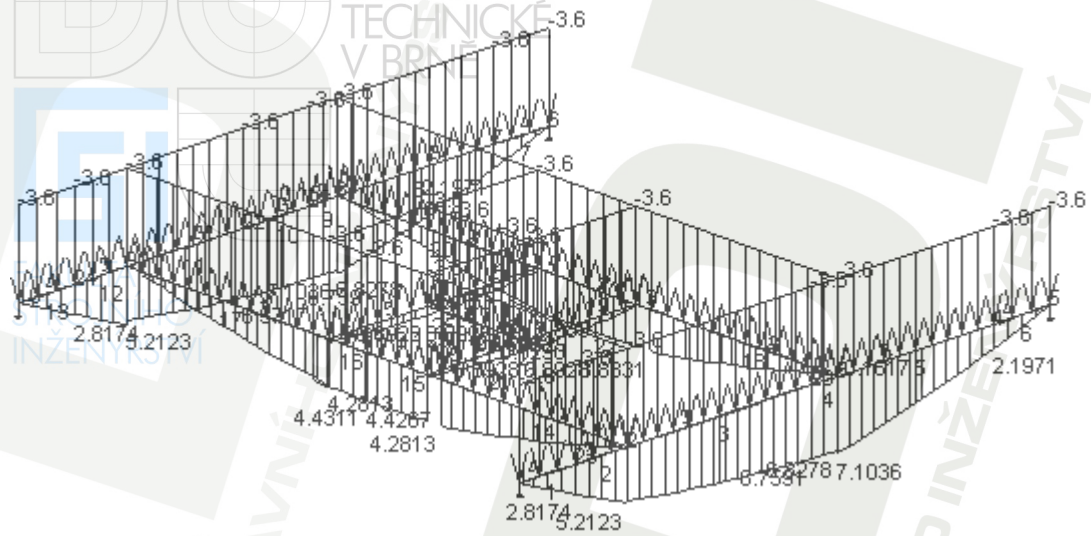
- 1/ 1 : +1.00*ZS1+1.00*ZS2
 2/ 2 : +1.00*ZS1+1.00*ZS2+1.00*ZS3
 3/ 3 : +1.00*ZS1+1.00*ZS2+1.00*ZS3+1.00*ZS4

9.5.9 Spojitá zařízení

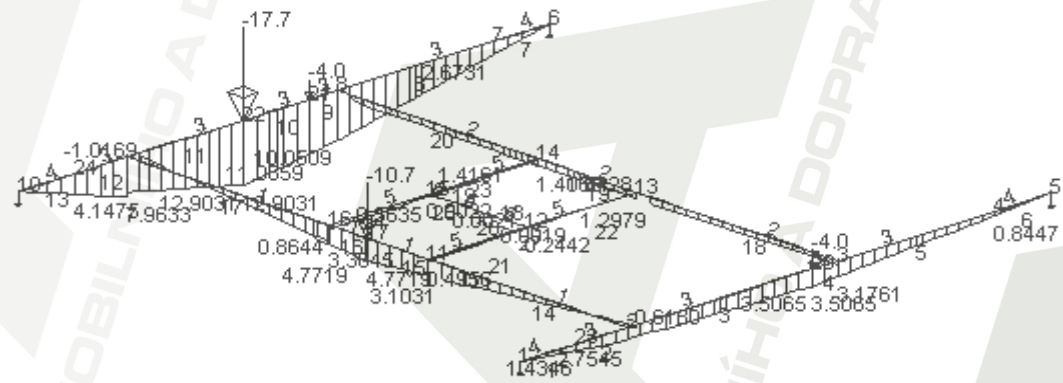
prut	typ	dx m	exY m	exZ m		X zač kon	Y zač kon	Z zač kon
2	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
4	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
5	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
6	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
7	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
8	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
11	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
13	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
14	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
15	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57
16	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok	0.00	0.00	-3.57
					dél	0.00	0.00	-3.57

prut	typ	dx m	exY m	exZ m		X zač kon	Y zač kon	Z zač kon
17	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
18	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
19	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
20	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
21	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
22	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
23	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
24	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
25	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
26	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
27	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
3	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
9	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
10	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
1	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57
12	síla kN/m	0.00 rel 1.00	0.00	0.00	lok dél	0.00 0.00	0.00 0.00	-3.57 -3.57

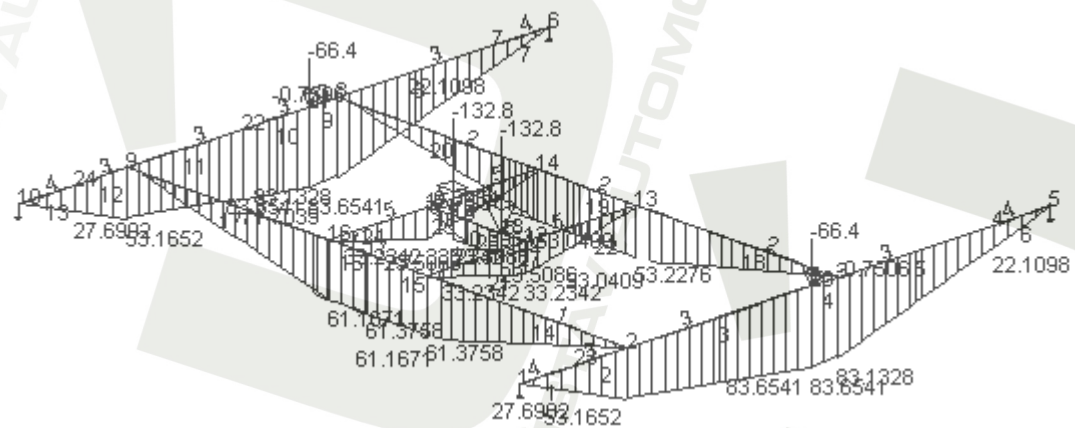
9.5.11.1 Vnitřní síly M na prutech od zatěžovacího stavu 2 – zatížení od rovnoměrné tíhy



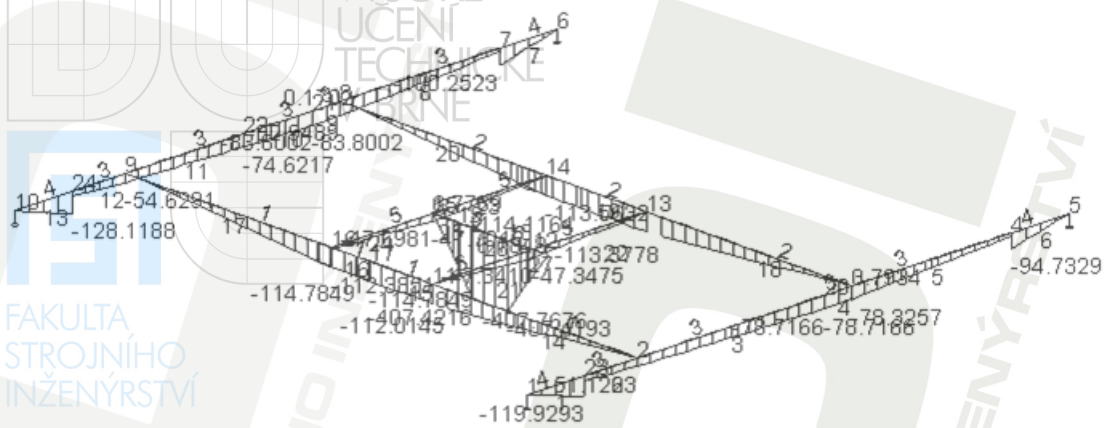
9.5.11.2 Vnitřní síly M na prutech od zatěžovacího stavu 3 – zatížení od tíhy komponentů



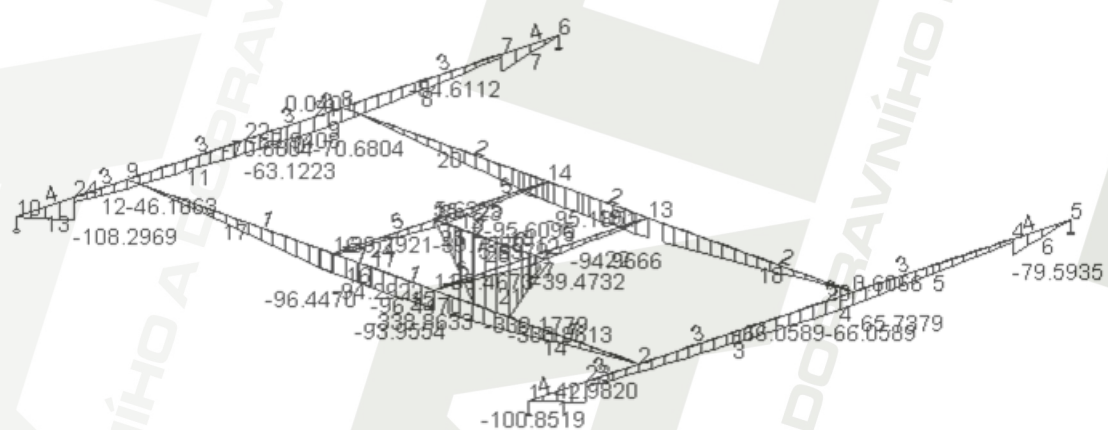
9.5.11.3 Vnitřní síly M na prutech od zatěžovacího stavu 4 – Zatížení od jmenovité hmotnosti břemene



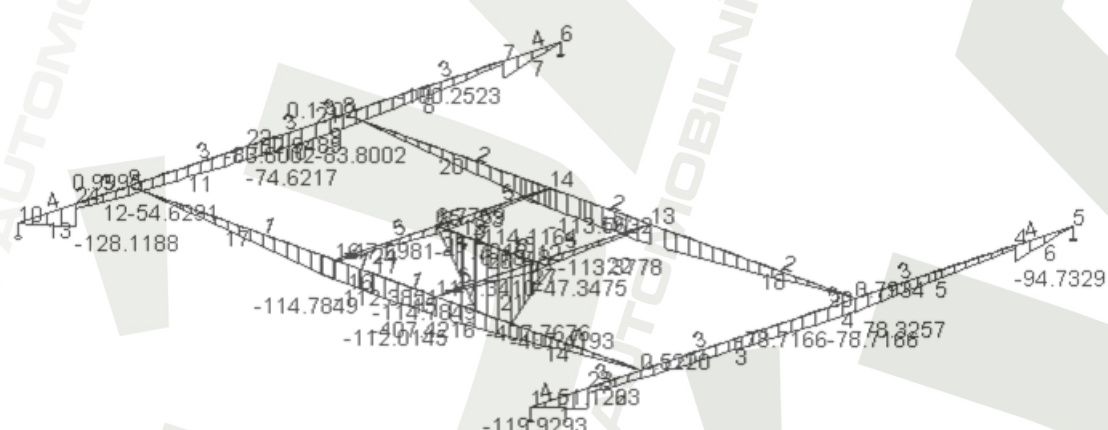
9.5.13.1 Kombinace únosnosti – únosnost při únavě : základní kombinace



9.5.13.2 Kombinace únosnosti – únosnost při únavě : únosnost maximální



9.5.13.3 Kombinace únosnosti C1,C2,C3



9.6 Únosnost při únavě

- výpočet proveden dle [8, str. 8.-32.]

- výpočet proveden pro skříňovou pásnici (220, 10, 350, 6, 180)

- skříňová pásnice zařazena do vrubové skupiny K3, dle [8, tab. 25, str. 38]

tab. 19: určení základní výpočtové pevnosti při únavě [8, str. 27]

Řada oceli				52				
Vrubová skupina	W0	W1	W2	K0	K1	K2	K3	K4
Provozní skupina				$R_{fat(-1)}$				
J1	270	270	247,2	270	270	270	254	152,7
J2	270	249	199,2	270	270	252	180	108
J3	252,2	200,6	160,5	237,5	212,1	178,2	127,3	76,4
J4	203,2	161,1	129,3	168	150	126	90	54
J5	163,8	130,3	104,2	118,8	106,1	89,1	63,6	38,2
J6	132	105	84	84	75	63	45	27

9.6.1 Výpočtové pevnosti materiálu při únavě

$$R_{fat,t(o)} = \frac{5}{3} \cdot R_{fat(-)} = \frac{5}{3} \cdot 63,6 = 106 \text{ MPa}$$

$$R_{fat,p(o)} = 2 \cdot R_{fat(-)} = 2 \cdot 63,6 = 127,2 \text{ MPa}$$

$R_{fat(-1)}$ – viz tab. 19

9.6.2 Poměr mezních napětí

$$\chi = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{12}{102,6} = 0,12$$

$\sigma_{min}, \sigma_{max}$ – mezní napětí, viz. 9.5.13

9.6.3 Výpočtová pevnost materiálu při únavě pro dané χ

- pro opěťované (míjivé namáhání) $0 < \chi \leq +1$

$$\text{Tah: } R_{\text{fat,t}(\chi)} = \frac{R_{\text{fat,t}(0)}}{1 - 1 - \frac{R_{\text{fat,t}(0)}}{0,75 \cdot R_m} \cdot \chi} = \frac{106}{1 - 1 - \frac{106}{0,75 \cdot 520} \cdot 0,12} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Tlak: } R_{\text{fat,p}(\chi)} = \frac{R_{\text{fat,p}(0)}}{1 - 1 - \frac{R_{\text{fat,p}(0)}}{0,75 \cdot R_m} \cdot \chi} = \frac{127,2}{1 - 1 - \frac{127,2}{0,90 \cdot 520} \cdot 0,12} = 40 \text{ MPa}$$

$R_{\text{fat,t}(0)}$ - výpočtová pevnost materiálu při únavě, viz. 9.6.1

$R_{\text{fat,p}(0)}$ - výpočtová pevnost materiálu při únavě, viz. 9.6.1

R_m - mez pevnosti materiálu (MPa), viz. tab.20

χ - poměr mezních napětí, viz. 9.6.2

tab.20: určení meze pevnosti materiálu v tahu [8, str.28]

Druh ocelí svařovaných částí	R_m (MPa)	R_e (MPa)	Max. výpočtová pevnost základ. mat. při únavě (MPa)	
			Tah, tlak	Smyk
řada 52	520	360	270	155

Závěr

Účelem této diplomové práce byl výpočet a návrh hlavních parametrů jeřábové kočky. Provedl jsem funkční výpočet zdvihového ústrojí, funkční výpočet pojezdového ústrojí a pevnostní výpočet rámu kočky. Ve výkresové části jsem vyhotovil sestavu jeřábové kočky, sestavu zdvihového ústrojí jeřábové kočky a sestavu pojezdového ústrojí jeřábové kočky.

Funkční výpočet pojezdového mechanismu zahrnoval výpočet, volbu, kontrolu a návrh pojezdového kola, motoru a převodovky.

Funkční výpočet zdvihového ústrojí zahrnoval výpočet, volbu, kontrolu a návrh lanového systému, lana, výkonu motoru, převodovky, kladek, lanového bunu a brzdy zdvihu.

Pevnostní výpočet rámu kočky byl řešen pomocí programu Nexis 32 verze 3.30.08. Rám byl řešen pro zatížení od hmotnosti břemene, od hmotnosti komponentů a vlastní tíhy. Zbylá zatížení byla zahrnuta do rovnoměrné tíhy. Konstrukce byla řešena pro jednotlivá zatížení a jejich kombinace.

Výkresová dokumentace byla vyhotovena dle zadání v programu AutoCAD 2002.

Použitá literatura

- [1] MYNÁŘ, B.: Dopravní a manipulační zařízení, elektronická skripta VUT v Brně, 2002
- [2] REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F.: Jeřáby, 2., přeprac. a dopln. vyd., SNTL Praha, 1975
- [3] GAJDŮŠEK, J.: Projektování systémů manipulace s materiálem, VUT v Brně, 1989
- [4] Internetové stránky firmy Siemens, s.r.o., www.Siemens.cz
- [5] ČSN ISO 4308-1:2004 Jeřáby a zdvihací zařízení
- [6] Internetové stránky firmy Metallan spol.s.r.o., www.Mettallan.cz
- [7] Internetové stránky firmy Alliance-transmission, www.Alliance-transmission.com
- [8] ČSN 27 0103:1989 Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů
- [9] ČSN 73 1401:1984 Navrhování ocelových konstrukcí
- [10] Internetové stránky firmy SEW – EURODRIVE CZ s.r.o., www.sew-eurodrive.cz

Seznam použitých veličin

Veličina	Symbol	Jednotky
Síla působící od hmotnosti jeřábové kočky	F_K	N
Síla působící od hmotnosti břemene	F_B	N
Hmotnost jeřábové kočky	m_k	kg
Celková síla působící na kola	F_C	N
Hmotnost břemene	m_b	kg
Síla působící na jedno kolo	F_{CK}	N
Pojezdová rychlost	v	$m \cdot min^{-1}$
Průměr pojezdového kola	D_K	mm
Celkový převod	i	
Účinná šířka kolejnice	b_K	mm
Součinitel druhu materiálu	k	Mpa
Minimální průměr pojezdového kola	D_{Kmin}	mm
Otáčky kola	n_K	Ot/min
Součinitel počtu otáček	f_n	-
Součinitel trvanlivosti	f_h	-
Maximální únosnost kola	K_{max}	N
Otáčky motoru	n_M	Ot/min
Poloměr pojezdového kola	R	mm
Součinitel valivého tření	e	m
Součinitel čepového tření	f_{ξ}	-
Poloměr čepu	r	m
Součinitel odporů při tření o kolejnici	χ	-
Celková mechanická účinnost	η_{cp}	-
Tažná síla překonávající pasivní odpory	T	N
Moment pasivních odporů	M_t	N.m
Zrychlující síla	F_{ZP}	N

Veličina	Symbol	Jednotky
Otáčky motoru	n_M	Ot/min
Otáčky kola	n_K	Ot/min
Doba rozjezdu	t_a	s
Adhezní síla	F_{ADH}	N
Moment setrvačnosti motoru s brzdou	J_{M1}, J_{M2}	kg.m ²
Rozjezdový moment	M_{rozj}	Nm
Výkon obou pohonných jednotek	P_{mC}	W
Nominální kroutící moment motoru	M_n	Nm
Součinitel momentové přetížitelnosti motoru		-
Zatěžovatel	ε	%
Spouštěcí moment motoru	M_{SP}	Nm
Hmotnost kladnice a háku	m_{kl}	Kg
Hmotnost elektromagnetu	m_m	Kg
Hmotnost stálého břemene	m_c	Kg
Účinnost lanového systému	η_L	-
Počet nosných průřezů lan v jedné polovině lanového systému	n	-
Počet větví	z	-
Součinitel výběru lana	C	-
Minimální součinitel bezpečnosti lana	z_P	-
Empirický součinitel pro minimální únosnost lana dané	K	-
Minimální hodnota pevnosti v tahu drátu použitého v laně	R_o	N/mm ²
Síla v laně	F_L	N
Minimální průměr lana	d_{min}	mm
Maximální průměr lana	d_{max}	mm
Minimální únosnost lana	F_{min}	N
Minimální průměr vodicích kladek	D_{Kmin}	mm
Součinitel výběru pro kladku	h_2	-
Součinitel typu lana	t	-
Minimální průměr vyrovnávací kladky	D_{KVmin}	mm
Průměr vyrovnávací kladky	D_{KV}	mm
Minimální průměr lanového bubnu	D_{Bmin}	mm
Součinitel výběru pro lanový buben	h_1	mm

Veličina	Symbol	Jednotky
Výška zdvihu	h	m
Počet závitů lana na polovině bubnu	z	-
Navíjená délka lana	L	m
Průměr lanového bubnu	D_B	m
Rozteč závitů na bubnu	p	mm
Délka krajních hladkých částí bubnu	L_2	mm
Délka závitové části bubnu	L_1	mm
Celková délka bubnu	L_B	mm
Střední část lanového bubnu	L_3	mm
Tloušťka stěny bubnu	s	mm
Lanový převod	i_K	-
Zdvihová rychlost	v_z	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
Celková mechanická účinnost zdvihacího ústrojí	η_c	-
Účinnost lanového bubnu při uložení na valivých ložiskách	η_B	-
Účinnost převodovky	η_P	-
Teplotní součinitel	f	-
Otáčky lanového bubnu	n_B	-
Převod převodovky	i_P	-
Síla v laně	F_L	N
Reálné otáčky bubnu	n_{BR}	Ot/min
Skutečná zdvihová rychlost	V_{ZR}	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
Nominální převod převodovky	i_N	-
Statický moment břemene	M_{ST}	Nm
Moment zrychlujících sil hmot postupných	M_{ZPz}	Nm
Doba rozběhu	t_{az}	s
Moment zrychlujících sil hmot rotujících	M_{ZR}	Nm
Moment setrvačnosti motoru s brzdou	J_Z	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2$
Výsledný rozběhový moment	M_R	Nm
Jmenovitý moment motoru	M_n	Nm
Součinitel momentové přetížitelnosti motoru	χ	-

Veličina	Symbol	Jednotky
Spouštěcí moment motoru	M_{SP}	Nm
Statický moment břemene, redukováný na rychloběžný hřídel při spouštění	M_{STB}	Nm
Moment zrychlujících sil hmot postupných	M_{ZPB}	Nm
Doba brzdění při spouštění břemene	t_b	s
Moment zrychlujících sil hmot rotujících	M_{ZRB}	Nm
Brzděný moment	M_B	Nm
Potřebný brzděný moment na rychloběžném hřídeli	M_b	Nm
Bezpečnost brzdy	β	-
Doba brzdění při spouštění	t_{bs}	s
Doba brzdění při zvedání	t_{bz}	s
Součinitel zatížení od jmenovitého břemene	γ_{lo}	-
Součinitel zatížení od vlastní hmotnosti	γ_g	-
Dynamický součinitel zdvihový	δ_h	-
Dynamický součinitel pojezdový	δ_t	-
Rovnoměrná tíha	F_{RT}	kN
Hmotnosti pojezdových kol	m_{PP}	kg
Zatížení v ložisku horních kladek	$F_{K1,2}$	kN
Zatížení v ložisku lanového bubnu a převodovce	$F_{B1,2}$	kN
Celkové zatížení od jmenovité hmotnosti břemene	F_V	kN
Výpočtové pevnosti materiálu při únavě	$R_{fat,t(\chi)}$	MPa
Základní výpočtové pevnosti při únavě	$R_{fat,t(0)}$	MPa
Základní výpočtové pevnosti při únavě	$R_{fat,p(0)}$	MPa
Mez pevnosti	R_m	MPa
Výpočtová pevnost materiálu při únavě vyvolaná tahem	$R_{fat,t}$	MPa
Výpočtová pevnost materiálu při únavě vyvolaná tlakem	$R_{fat,p}$	MPa
Poměr mezních napětí	χ	-

Výkresová dokumentace

Název výkresu

Sestava jeřábové kočky
Sestava zdvihu jeřábové kočky
Sestava pojezdu jeřábové kočky
Kusovník
Kusovník
Kusovník
Kusovník

Označení výkresu

0-S33-15/01
0-S33-15/02
1-S33-15/03
K-4-S33-15/00.1
K-4-S33-15/00.2
K-4-S33-15/00.3
K-4-S33-15/00.4