

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh pohonné jednotky portálového jeřábu

Autor: Marcel Vanda

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Marcel VANDA**
Osobní číslo: **S11B0192K**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Konstrukční návrh pohonné jednotky portálového jeřábu**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Zpracujte tematiku z hlediska historie vzniku jeřábu, rozdělení jednotlivých typů jeřábů, popis portálového jeřábu a vypracování konstrukčního návrhu pohonné jednotky portálového jeřábu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu včetně systematické specifikace a varianta koncepčního návrhu, výběr optimálního řešení
2. Zjištění klíčových vlastností konstrukčního návrhu s potřebnými technickými výpočty a hodnocení
3. Vypracování technické dokumentace a technologického postupu
4. Komplexní hodnocení navrženého řešení, závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

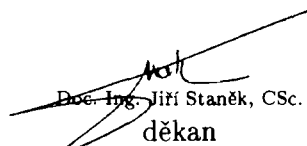
KEMKA, V., BARTÁK, J., MILČÁK, P., ŽITEK, P. Stavba a provoz strojů. Praha: infortorium, 2009

REMTA, F., KUPKA, L., DRAŽAN, F. Jeřáby I, II a III. Praha: STNL, 1975

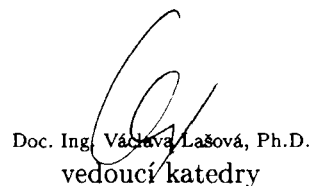
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tímto chci poděkovat panu Doc. Ing. Jaroslavu Krátkému, Ph.D. za cenné rady a odborné připomínky při vypracovávání této bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vanda	Jméno Marcel	
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Konstrukce průmyslové techniky“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Jméno Jaroslav	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh pohonné jednotky portálového jeřábu		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	101	TEXTOVÁ ČÁST	56	GRAFICKÁ ČÁST	12
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Táto bakalářská práce obsahuje rešerši jeřábů, jejich základní popisy a parametry. Hlavním cílem je návrh pohonné jednotky portálového jeřábu. Konkrétně je to konstrukční návrh a 3D model převodové skříně v programu Creo Parametric 2.0</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Jeřáby, zdvihací zařízení, funkční části portálového jeřábu, pohonná jednotka, převodovka, výkresová dokumentace, CAD.</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Vanda	Name Marcel	
FIELD OF STUDY	B2341 "Design of Manufacturing Machines"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Krátký, Ph.D.	Name Jaroslav	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	101	TEXT PART	56	GRAPHICAL PART	12
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This Bachelor thesis contains a search of cranes, their basic descriptions and parameters. The main objective is to design propulsion units gantry crane. Specifically, it is the design and 3D model the gear-box in Creo Parametric 2.0.
KEY WORDS	Cranes, lifting equipment, functional parts gantry crane, propulsion unit, gearbox, drawings, CAD.

Obsah

1	Úvod	12
2	Jeřáby	13
2.1	Základní pojmy	13
2.2	Hlavní parametry jeřábu podle ČSN ISO 4306-1	13
2.3	Dělení jeřábu [2].....	13
2.3.1	Mostový jeřáb.....	14
2.3.2	Portálové a poloportálové jeřáby [3]	15
2.3.3	Konzolové jeřáby [4].....	16
2.3.4	Sloupové a věžové jeřáby	17
2.3.5	Vozidlové jeřáby	19
2.3.6	Plovoucí jeřáby	21
2.3.7	Lanové jeřáby	22
3	Funkční části portálového jeřábu	23
3.1	Funkční části	23
3.1.1	Nosná konstrukce portálového jeřábu	24
3.1.2	Zvedací ústrojí	25
4	Pohonná jednotka portálového jeřábu	29
4.1	Přehled	29
4.2	Rozdělení podle hnacího členu.....	29
4.2.1	Ústřední hnací člen.....	30
4.2.2	Hnací člen s vazbou mechanickou.....	30
4.2.3	Hnací člen s vazbou elektrickou	30
4.2.4	Hnací člen bez vzájemné vazby	31
4.2.5	Hnací člen jen na jednu nohu	31
5	Obecné zákonitosti.....	31
5.1	Výpočet výkonu motoru.....	32
5.2	Převodová skříň.....	33
5.2.1	Návrh rozměru převodové skříňe.....	33
5.2.2	Návrh konstrukce vík ložisek	34
5.2.3	Hřídel [7].....	34
5.2.4	Ozubená kola	36
5.2.5	Ložiska	40
5.2.6	Spojka [8].....	40

6	Návrh pohonné jednotky portálového jeřábu.....	41
6.1	Zadané parametry portálového jeřábu	42
6.2	Životnost portálového jeřábu.....	43
6.3	Výpočet výkonu motoru.....	43
6.4	Zatěžovací spektrum převodovky.....	45
6.4.1	Kinematické schéma převodovky.....	45
6.4.2	Návrhové výpočty.....	45
6.4.3	Výpočet převodových poměrů	45
6.4.4	Výpočet točivých momentů a otáček hřídele.....	47
6.4.5	Výpočet orientačních průměrů hřídelí	48
6.4.6	Návrh jednotlivých modulů ozubených kol.....	50
7	Montáž, provoz a údržba.....	51
7.1	Montáž převodové skříně.....	51
7.2	Provoz a údržba	52
8	Závěr	53
9	Bibliografie.....	54
10	Zdroje obrázků.....	55
11	Seznam obrázků	56
12	Seznam příloh.....	58
13	Výkresová dokumentace	58

Důležité fyzikální veličiny a jejich jednotky

- výběr z ČSN ISO 31-0 01 1300 až ČSN ISO 31-4 01 1300 [Veličiny 1994]
- výběr z dalších zdrojů a konvencí

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./dílů SI a uznané CIPM
1 Část 3: Mechanika ČSN ISO 31-3 01 1300 (výběr)				
hmotnost	m	kg	m	Kg
(objemová hmotnost), hustota (hmotnosti)	ρ	kg/m ³	ρ	kg/m ³
moment setrvačnosti	2 I, J	kg · m ²	3 J	kg · m ²
Síla	F	N	F	N
tíha, tíhová síla	$F_g, (G),$ $(P), (W)$		F_g	
moment síly	M	N · m	M	N · m, N · mm
moment dvojice	M		4 M	
točivý moment	M, T		M_t	
Tlak	p	Pa	p	MPa
normálové napětí	σ		σ	
(smykové napětí), tečné napětí (<i>konvence</i>)	τ		τ	
poměrné prodloužení	ε, e	1	ε	1
zkos	γ		γ	
(Poissonův poměr), Poissonovo číslo	μ, ν	1	μ	1
modul pružnosti v tahu	E	Pa	E	5 MPa
modul pružn. ve smyku	G		G	
(osový) kvadratický mo- ment průřezu	6 I_a, I	m ⁴	7 I	mm ⁴
polární (kvadratický) mo- ment průřezu	8 I_p	m ⁴	9 I_p	mm ⁴
průřezový modul	10 $Z,$ W	m ³	11 W	mm ³
dynam. součinitel tření	12 $\mu,$ (f)	1	13 f	1
statický součinitel tření	14 $\mu_s,$ (f_s)		15 f_s	
kinematická viskozita	ν	m ² /s	ν	m ² /s
energie	E	J	16 E	J
práce	$W, (A)$		A	
potenciální energie	E_p, V, Φ		E_p	
kinetická energie	E_k, T		E_k	
výkon	P	W	P	W, kW, MW
účinnost	η	1	η	1

NÁZEV VELIČINY	Obecně		Doporučeno pro FST	
	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI vč. jejich dekadických násobků/dílů a uznané CIPM	ZNAČKA VELIČINY	MEZIN. ZNAČKA JEDNOTKY SI, dekadické nás./díly SI a uznané CIPM
17 Část 5: Různé (a) Další zdroje a konvence (výběr)				
posunutí od deformace	u	m	u	Mm
natočení od deformace	φ	rad	φ	Rad
tuhost	k	N/m	k	N/mm, N/m, N/ μ m
podajnost	p	m/N	p	mm/N, m/N, μ m/N
viskozní tlumení	b	N · s/m	b	N · s/m
torzní tuhost	k_φ	N · m/rad	k_φ	N · mm/rad, N · m/rad
torzní poddajnost	p_φ	rad/(N · m)	p_φ	rad/(N · mm), rad/(N · m)
torzní viskozní tlumení	b_φ	N · m · s/rad	b_φ	N · m · s/rad
dovolená hodnota pro tlak	p_D	18 Pa	p_D	19 MPa
mez pevnosti pro normálová napětí	σ_p		σ_p	
- mez pevnosti v tahu	R_m, σ_{pt}		σ_{pt}, R_m	
mez kluzu pro normálová napětí	σ_k		σ_k	
- mez kluzu v tahu	R_e, σ_{kt}		σ_{kt}, R_e	
mez úměrnosti pro normálová napětí	σ_u		σ_u	
dovolená hodnota pro stat. normál. napětí	σ_D		σ_D	
(základní) mez únavy pro normálová napětí	σ_C		σ_C	
mez únavy pro vrub pro normálová napětí	σ_C^*		σ_C^*	
mez pevnosti pro tečná napětí	τ_p		τ_p	
mez kluzu pro tečná napětí	τ_k		τ_k	
dovolená hodnota pro stat. tečná napětí	τ_D		τ_D	
(základní) mez únavy pro tečná napětí	τ_C		τ_C	
mez únavy pro vrub pro tečná napětí	τ_C^*		τ_C^*	

1 Úvod

Tématem bakalářské práce je manipulační zařízení pro přenos a manipulaci s břemenem. Uvádím rozdělení manipulačních zařízení, jejich základní popisy, parametry a principy, na kterých pracují. Hlavním cílem je navrhnout pohonnou jednotku portálového jeřábu. Praktická část se zabývá konkrétním konstrukčním návrhem pohonné jednotky portálového jeřábu. V mojí práci se zaměřím na konstrukční návrh převodové skříně. Výpočty části pohonného mechanismu jsou počítané v programu PREV a jsou uvedeny příloze mojí práce. Druhá významná část práce je vytvoření 3D modelu převodové skříně, ke které je zpracována výrobní dokumentace, taktéž uvedená v příloze mé práce. Zařízení je navrženo tak, aby splňovalo platné normy.

2 Jeřáby

Jeřáby jsou technická zařízení pro prostorovou přepravu a manipulaci břemen. Tento prostor je omezen výškou zdvihu, rozpětím a délkou jeřábové dráhy a případně délkou výložníku. Jeho využití je při manipulaci s těžkými břemeny hlavně ve stavebnictví, dopravě, strojařství a hutním průmyslu.

2.1 Základní pojmy

Hlavní části jeřábu jsou nosná konstrukce, pojezdové, otáčecí, případně jiné pohybové mechanismy a další výstroj. Svislý pohyb břemene je dosažen zvedáním nebo spouštěním, vodorovný pohyb pojezdem, otáčením nebo sklápěním (výložníku).

Nejdůležitější údaj je nosnost jeřábu. Je to největší povolené zatížení užitečným břemenem. Zahrnují se sem hmotnosti všech vyměnitelných prostředků k uchopení břemene. Nosnost jeřábu je určena ČSN ISO.

2.2 Hlavní parametry jeřábu podle ČSN ISO 4306-1

Mezi hlavní parametry jeřábu patří:

- **parametry zatížení** - moment břemena, klopný moment, konstrukční hmotnost, celková hmotnost a zatížení kola,
- **lineární parametry jeřábu** – vyložení, vyložení od hrany, klopení, vyložení převislého konce, vodorovný dojezd, zadní obrys, výška zdvihu, hloubka spouštění, rozsah zdvihu a výška jeřábové dráhy,
- **rychlosti pracovních pohybu** – rychlost zdvihu břemena, rychlost spouštění břemena, rychlost otáčení, rychlost pojezdu jeřábu, rychlost pojezdu kočky, rychlost změny vyložení, doba změny vyložení, přepravní rychlost a doba operačního cyklu,
- **parametry spojené s jeřábovou dráhou** – úroveň postavení jeřábu, rozpětí, rozchod kolejnic, rozvor, rozvor a rozchod výsuvných opěr, sklon dráhy, stoupavost, podpěrný obrys, poloměr zakřivení a minimální poloměr otáčení,
- **všeobecné parametry** – klasifikační skupina a průjezdní profil jeřábu“ [1].

2.3 Dělení jeřábu [2]

- **podle druhu konstrukce:**
 - mostové,
 - portálové a poloportálové,
 - konzolové,
 - sloupové a věžové,
 - vozidlové,
 - plovoucí,
 - lanové.
- **podle druhu pohonu:**
 - ruční,
 - elektrický,
 - spalovacím motorem,
 - hydraulický,
 - pneumatický.

- **podle druhu práce a místa použití:**

- montážní,
- dílenské,
- hutní,
- skladové,
- přístavní,
- železniční,
- stavební,
- rudištní,
- skládkové atd.

- **podle druhu pohybu:**

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

2.3.1 Mostový jeřáb

Základní část mostového jeřábu (obr. 2-1), [str. 13] je tvořena ocelovým jeřábovým mostem, který

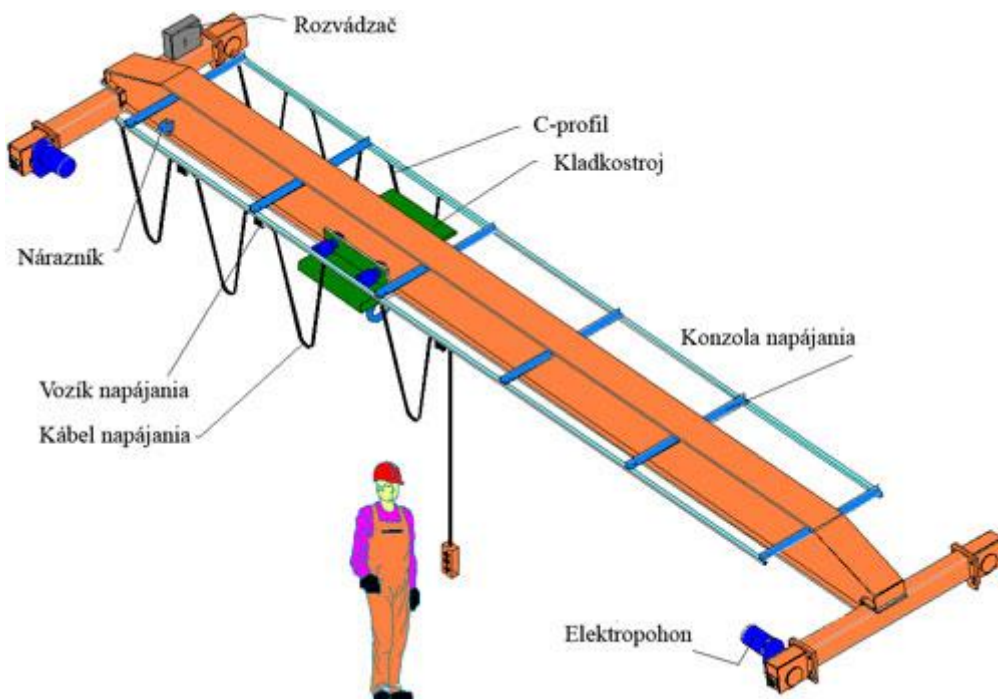
pojízdí ve vyvýšené jeřábové dráze (posuv vpřed/zad). Nahoře na mostě, uvnitř nebo i dole v pracovním prostředí pojízdí jeřábová kočka. Břemeno je možno zvedat hákem, drapákem nebo magnetem. Nejčastější pohon jeřábu je elektrický s mechanickými nebo hydraulickými převody. Jeřáb běžně pojízdí po kolejnicích jeřábové dráhy. Jsou buď jedno nosníkové nebo více nosníkové. Kočku lze ovládat ručně, z koše nebo kabiny řidiče, zavěšené na mostě jeřábu.

Podle tvaru dělíme mostové jeřáby na:

- normální s hákem (běžné),
- drapákové a magnetové,
- speciální,
- hutní.

Základní parametry:

Nosnost jedno nosníkových:	až 10 t
Rozpětí:	až 25 m
Nosnost dvounosníkových:	běžně do 80 t
Rozpětí:	do 32 m



Obr. 2-1. Mostový jeřáb [1]

2.3.2 Portálové a poloportálové jeřáby [3]

Nosnou část portálového jeřábu (obr. 2-2), [str. 14] tzv. portál, tvoří portálový most (ocelový rám) a dvě podpěry. Portál jeřábu je buď pojízdný, pomocí pojízdného ústrojenství pojíždí po jeřábové dráze, nebo je ukotven k základu (nepojízdný). Most u portálového jeřábu může být bez

převíslých konců anebo s jedním či oběma převíslými konci. To je přínos hlavně u delších mostů kde se zvětší nezbytný dosah pracovního pole, např. přesah nad vodu nebo vagón.

Poloportálové jeřáby mají obvykle jednu část jeřábové dráhy ve výšce jeřábového mostu, např. na budově nebo opěrně zdi. Portálové a poloportálové jeřáby působí většinou na venkovních skládkách, překladištích, na vnějších i vnitřních výrobních a montážních pracovištích. Práce jeřábu je většinou zaměřená na pohyb kočky nebo otočného výložníku. Pojezd je jen občasný a na malé vzdálenosti, což je patrné i na jejich pojízdných rychlostech asi od 12 m/min do 30m/min. Jsou vybaveny hákem, magnetem nebo drapákem.

Základní parametry:

Nosnost:	od 5 t až do 200 t
Rozpětí u jeřábu s nosností 5 až 50 t:	8 až 40 m
Rozpětí u jeřábu s nosností 80 až 200 t:	12,5 až 32 m

Nepojízdné (stabilní) portálové jeřáby obsluhují jen velmi malou pracovní plochu pod vlastním mostem, proto se hodí na překládku břemen z jednoho vozidla na druhé (železniční vagóny na nákladní auta). Jsou řízené ze země nebo z kabiny na portálu. Obě podpěry jsou trvale připevněné k betonovému základu kotevními šrouby.



Obr. 2-2. Portálový jeřáb [2]

Základní parametry:

Nosnost:	od 3,2 do 50 t
Rozpětí:	4 až 25 m

2.3.3 Konzolové jeřáby [4]

Konzolové jeřáby (obr. 2-3), [str. 15] jezdí zpravidla podél stěn dílny nebo výrobní haly po jeřábové dráze a jeho nosná konstrukce se skládá ze svislého rámu a ramene. K dosažení většího pracovního prostoru, má buď proměnlivé vyložení, nebo otočný výložník. Pokud jde o konstrukci neotočnou, nazýváme ho ramenem, jde-li o otočnou konstrukci, jedná se o výložník.

Dělení:

- konzolové jeřáby neotočné,
- konzolové jeřáby otočné do 180°,
- konzolové jeřáby otočné do 360°.

konzolové jeřáby neotočné:

- mají proměnlivé vyložení
- ovládaní z koše, z kabiny nebo ze země pomocí panelu

základní parametry:

nosnost:	3,2 až 8 t
zdvih:	12 m
vyložení háku:	5 až 6.5 m

konzolové jeřáby otočné:

- konstruovány na těžký a normální provoz
- ovládaní z koše nebo podlahy tlačítky panelu

základní parametry:

nosnost:	3.2 až 8 t
zdvih:	8 až 12 m
vyložení háku:	5 až 7 m



Obr. 2-3. Konzolový jeřáb [3]

2.3.4 Sloupové a věžové jeřáby

U konstrukce sloupových a věžových jeřábu je hlavní princip funkce v otáčení se kolem osy svislého sloupu (věže). Konstrukce věže má obvykle buď čtvercový, nebo trojúhelníkový tvar. Výložník jeřábu je buď pevný (nemění svůj sklon) nebo stavitelný, je možné ho sklápět a vztyčovat.

Podle konstrukce je dělíme:

- s otočným sloupem
- s neotočným sloupem

Podle přemísťování jeřábu:

- stacionární (nepojízdné)
- pojízdné

2.3.4.1 Jeřáby s otočným sloupem

sloup je otočně uložen na pojízdném podvozku .

Dělíme na:

- jeřáby nástěnné- výložník se zpravidla otáčí do 180°
použití: skládky, říčné přístavy, na rampách skladišť.
Základní parametry:

nosnost:	1 až 3 t
parametr:	do 10 tm
vyložení:	od 4 do 8 m

- jeřáby stožárové (deriky)- výložník je stavitelný, kloubově uchycen k patě otočného sloupu (obr. 2-4).
použití: na stavbách, v lomech, překládací jeřáby v železniční a silniční dopravě.
základní parametry:

nosnost:	od 3 do 40 t
parametr:	až 90 tm
vyložení:	do 20 až 30 m
- jeřáby s vysokým sloupem – konstrukce má čtvercový průřez, který je pevně spojen s výložníkem.
použití: loděnice
základní parametry:

nosnost:	do 10 t
parametr:	do 100 tm
vyložení:	do 30 m



Obr. 2-4. Jeřáb derik [4]

2.3.4.2 Jeřáby s neotočným sloupem

Sloup jeřábu je zakotven v základní desce (obr. 2-5), [str. 17] výložník se otáčí o celých 360° a nese pohon a veškeré příslušenství.

Základní deska stacionárního jeřábu má betonový základ. U jeřábu pojízdného může být místo desky podvozek nebo pojízdná rámová konstrukce.

Dělíme na:

- Jeřáby s nízkým jednoduchým sloupem
použití: železniční provoz.
Základní parametry:

nosnost:	až 5 t
parametr:	6 až 8 tm
vyložení:	až 5 m.

- Jeřáby s vysokým příhradovým sloupem
Použití: v přístavech, loděnicích, na stavbách.
Základní parametry:
 - nosnost: až 250 t
 - vyložení: přes 30 m
 - výška zdvihu: 20 až 40 m
- Jeřáby velocipédové
Použití: v nevysokých dílnách.
Základní parametry:
 - nosnost: 2 až 10 t
 - parametr: 60 až 70 tm
 - vyložení: od 3 do 7 m



Obr. 2-5. Stacionární jeřáb [5]

2.3.5 Vozidlové jeřáby

Jejích otočný svršek se stavitelným výložníkem je uložen na podvozku pojízdného vozidla. Pohyb jeřábu je přizpůsoben konstrukci jednotlivých vozů. Jejich výhodou je rychlá mobilita i na větší vzdálenosti, což umožňuje značný okruh působení a využití. Mají vlastní zdroj energie pro pohon, spalovací motor, dielelektrický agregát i akumulátor.



Obr. 2-6. Kolejový jeřáb [6]

Dělení podle druhu jízdy a konstrukce na:

- jeřáby kolejové (na železničních kolech, obr. 2-6), [str. 17]
- jeřáby bezkolejové (na pneumatikách a pásech)

2.3.5.1 Jeřáby kolejové

- Kolejové jeřáby nádvorní
Použití: uhelné skládky, průmyslové podniky, skládky polotovarů, pražců.
Základní parametry:

nosnost: 1,5 až 3 t
parametr: až 30 tm
vyložení: 6 až 10 m

- Železniční jeřáby

- překládací železniční jeřáby

Využití: překládání sypkých materiálu, uhlí, kusového zboží.

Základní parametry:

nosnost: od 3 do 10t
parametr: 30až45tm
vyložení: do 15 m

- havarijní železniční jeřáby

Využití: havárie, rekonstrukce tratí a mostů.

Základní parametry:

nosnost: 16,25,50,
100 t.
vyložení: od 5 do 15 m

2.3.5.2 Jeřáby bezkolejové



Obr. 2-7. Autojeřáb [7]

Dělíme na :

- jeřáby automobilové (obr. 2-7)
- jeřáby samohybné
- jeřáby na pásovém podvozku

základní parametry:

nosnost:	od 3 do 200 t, výjimečně 900 t
vlastní hmotnost:	od 7 do 130 t
max. přepravní rychlost:	90 km
max. zdvih:	90 m.

2.3.6 Plovoucí jeřáby

Jsou určeny k vykonávání různé specifické práce na vodní hladině (obr. 2-8), jako plovoucí čerpací stanice, dopravník, plovoucí bagr a jeřáb s vlastním pohonem nebo k pevnému vyvázání na stanovišti.

Dělíme na :

- montážní – používají se v loděnicích
- překládací – slouží na překládání břemen z lodí do člunů a naopak,
- havarijní- k zdvihání potopených lodí,
- stavební – pro stavbu hrází, nábrežních zdí a budov.

Základní parametry:

nosnost:	do 400 t,
vyložení přes okraj:	na 25 m
pomocní zdvih:	až 50 m



Obr. 2-8. Plovoucí jeřáb [8]

2.3.7 Lanové jeřáby

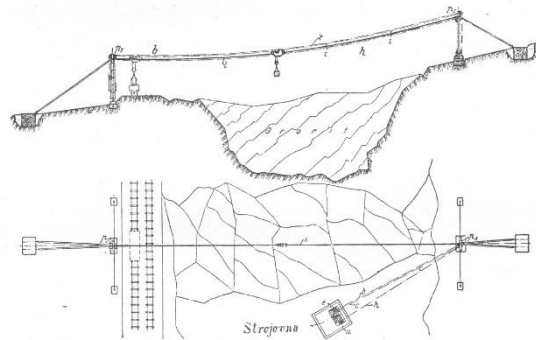
Jízdní jeřábovou dráhu u lanového jeřábu (obr. 2-9) tvoří napjaté lano, tzv. nosné, které je napjaté mezi dvěma podpěrnými konstrukcemi ve vzdálenosti o rozpětí 200 až 1000m. Podpěry u jeřábu jsou buď obě nepohyblivé, nebo obě pojízdné, nebo jedna nepohyblivá a jedná pojízdná. Mezi konstrukcemi se nachází pracovní pole jeřábu, kudy pojíždí kočka o nosnostech 4, až 20 t. Je určen k přepravě stavebních materiálu při stavbě mostů, přehrad i viaduktů.

Dělíme na:

- nepojízdné (stacionární)
- rovnoběžně pojízdné
- kruhově pojízdné (polo pojízdné)

základní parametry:

Rozpětí lanových jeřábu:	obvykle 100 až 400 m, muže být i 1000 m
Nosnost na zdvihacích lanech:	3 až 10, 25, 50 výjimečně až 150 t
Výška zdvihu:	150 až 200 m



Obr. 529. Kabelový jeřáb v Kunathových žulových lomech u Demitz a Thumitz
poblíž Budišina v Sasku.)

Obr. 2-9. Lanový jeřáb [9]

3 Funkční části portálového jeřábu

3.1 Funkční části

Základ konstrukce portálového jeřábu (obr. 3-1) tvoří tzv. portál, který se skládá z jeřábového mostu a dvou podpěr. Portál jeřábu je buď pevně zakotven k základu (stabilní jeřáby), nebo koná posuvný pohyb po jeřábové dráze, která je uložena na zemi.

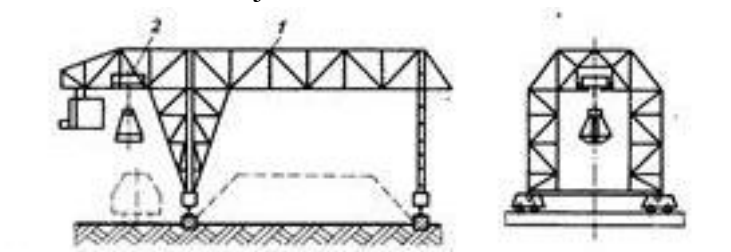
Pojezd celého jeřábu bývá jen občasný a na krátké vzdálenosti, proto jsou pojízďecí rychlosti od 12 do 30 m/min.



Obr. 3-1 Popis portálového jeřábu [10]

Popis jeřábu:

1. hlavní nosník
2. podpěry
3. pojezd jeřábu
4. zdvihací ústrojenství



Obr. 3-3 Portálový jeřáb příhradkové konstrukce [11]

3.1.1 Nosná konstrukce portálového jeřábu

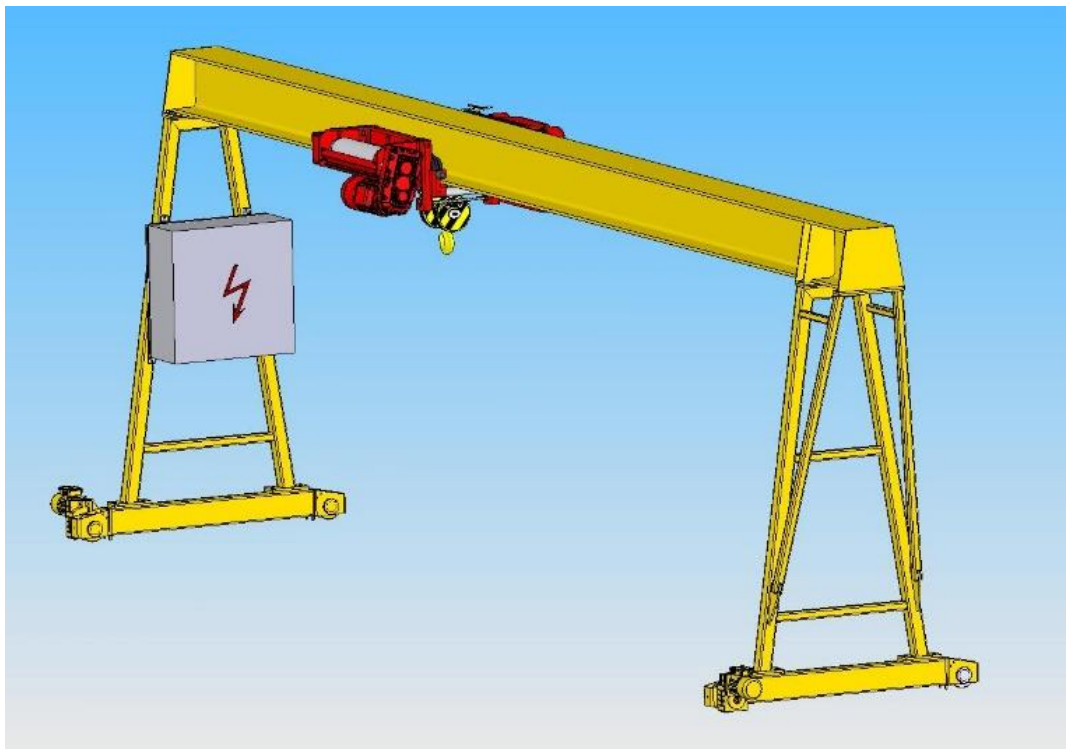
Hlavní část portálu je tvořena mostem (obr. 3-4), bez převislých konců, nebo s jedním, výjimečně se dvěma konci.

Podpěry jeřábu jsou buď pevné, nebo jedna pevná a druhá kyvná. Pevná podpěra tvoří s mostem celek a je schopná přenášet libovolné zatížení. Kyvná podpěra nám umožňuje přenos veškerých sil, kromě složek sil ve směru podélné osy.

Most portálu, by měl být dostatečně tuhý, aby nedocházelo při pracovním cyklu k jeho přičení. Je námahám ve svislé a vodorovné rovině, a také ohýbán jako uzavřený rám.

Při menších rozpětích portálu bývá konstrukce mostu jedno nosníkový profil I, u větších rozpětí je konstrukce příhradkově trojúhelníková (obr.

-3), [str. 21] plnostěnná nebo skříňová.



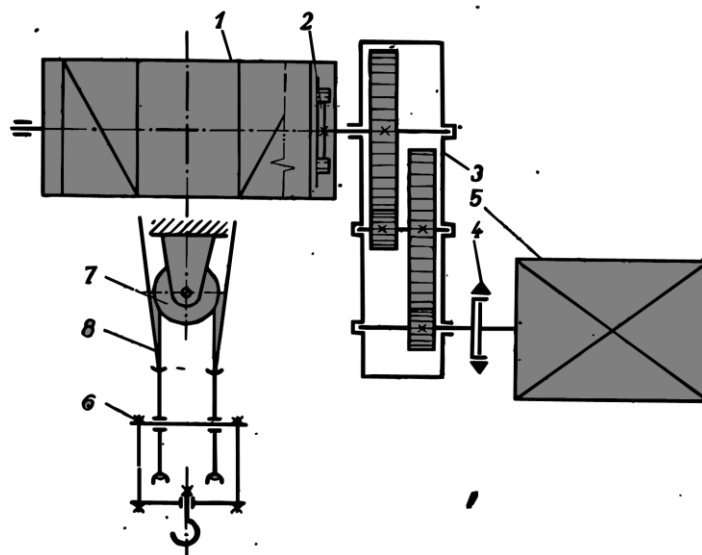
Obr. 3-4. Portálový jeřáb s pojízdnou kočkou [12]

3.1.2 Zvedací ústrojí

Zvedání a spouštění břemen řeší zvedací ústrojí (obr. 3-5), které se pohybuje ve vymezeném prostoru daném délkou jeřábové dráhy, portálu a nosností břemena. Druhy zvedacího ústrojí závisí na nosní konstrukci, parametru, druhu práce, typu jeřábu a mnoha různých provozních podmínkách.

Základní části:

- kladkostroj
- navíjecí buben
- převodovka
- spojka s brzdou
- elektromotor



Obr. 3-5. Zvedací ústrojí jeřábové kočky [13]

Zvedací ústrojí jeřábové kočky:

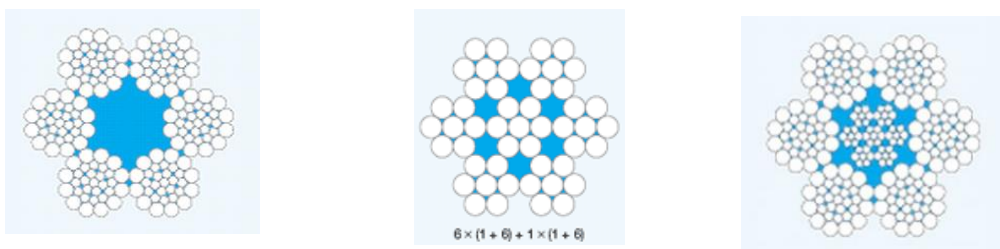
1 - lanový buben, 2 - zubová spojka, 3 - převodovka, 4 - poddajná spojka s brzdou a odbrzdovačem, 5 - elektromotor,

6 - kladnice, 7 - vyrovnávací kladka, 8 – zvedací lano

3.1.2.1 Kladkostroj kočky

Je tvořen soustavou kladek, lan a háku. Kladky v téhle soustavě jsou vodící a vyrovnávací. Vyrovnávací kladka slouží k vyrovnávání tahu u jednotlivých větví lan. Kladky jsou uloženy na pouzdech nebo valivých ložiscích.

Ocelová lana (obr. 3-6) patří k hlavním nosným prvkům většiny jeřábu. Jejich výhodou je malá hmotnost, pružnost, nízká cena a bezhlučný chod. Vhodným zatížením je tah, ale jsou málo odolná proti ohybovým namáháním při navijení kladky.



Obr. 3-6. Ocelové lana [14]

Kladnice nám spojuje hák a buben nebo poháněcí kladku, a to za pomoci soustavy kladek, otočně uloženého háku na axiálním ložisku, které se opírá o příčnick.

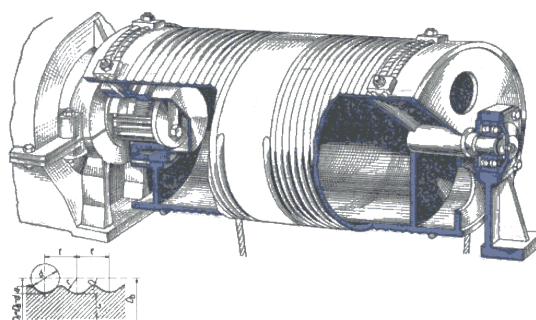
Háky (obr. 3-7) nám slouží k zavěšení břemen a jsou buď kovové, nebo lamelové. Materiál je ušlechtilá ocel 12 020. Poznáme háky jednoduché (do nosnosti břemena do 32 t) a dvojité (nosnost až do 200 t). Do nosnosti 12,5 t se u háku používá metrický závit, při větších nosnostech závit lichoběžníkový a přechod do dřívku musí být plynulý, bez zápichu.



Obr. 3-7. Jeřábové háky [15]

Lanový buben (obr. 3-8), [str. 25] nám slouží k navijení a odvíjení lana při zvedání nebo spouštění břemena. Lano se navíjí na drážkový nebo hladký povrch bubnu. Hladké bubny se používají na navijení lana v několika vrstvách. Lano se však rychleji opotřebuje. Drážkový buben zajišťuje lepší navijení lana s menším opotřebením. Buben bývá uložen jednou stranou na výstupním hřídeli převodovky, druhá strana je uložena ve valivém ložisku. Buben s převodovkou je

poháněn samostatným elektromotorem. Samovolnému pohybu brání brzdový mechanismus, uložený na vstupním hřídeli převodovky.



Obr. 3-8. Lanový buben [16]

3.1.2.2 Spojky

Nejčastěji používané spojky jsou nerozpojované (pevné a poddajné) a ovládané (kluzné a výsuvné). Pevné kotoučové spojky (obr. 3-9) se běžně používají u elektrického jeřábu a jsou vhodné pro těžký a velmi těžký provoz.

Poddajné spojky se používají hlavně na spojení elektromotoru s hnaným hřídelem. Pružné čepové spojky nám umožňují korigovat drobnou nesouosost mezi hřídeli, převodovkou nebo hnaným mechanismem, a to pomocí pružného elementu ve spojení části spojky. Tlumí také nárazy a vibrace.

Funkcí kluzných spojek je předcházet poškození při překročení dovoleného kroučicího momentu, nebo u pohonu kabelových bubnů.



Obr. 3-9. Pevná kotoučová spojka [17]

3.1.2.3 Převodovky

Jsou to zařízení, která nám transformují vstupní otáčky, kroučicí moment i smysl otáčení hřídele.

Rozdělení převodovek:

a) Podle druhů převodů

➤ **Mechanické**

- S ozubenými koly
 - S pevnými osami
 - S pohyblivými osami
- Třecí
- Řemenové

➤ **Hydraulické**

- Hydrostatické
- Hydrodynamické

b) **Podle uspořádání**

- **Jednoskupinové**
- **Víceskupinové**
- **Dvoutokové**

c) **Podle ovládaní**

- **Manuální**
- **Poloautomatické**
- **Automatické**

d) **Podle změny převodových poměrů**

- **Stupňové**
- **Plynulé**

U zdvihacích zařízení jsou ozubené převody uloženy v pevné převodové skříni.

Převodové skříně poznáme:

- s čelním soukolím,
- s kuželovým soukolím,
- s šroubovým soukolím,
- a vzájemnou kombinací.

Převodové skříně (obr. 3-10) jsou podle dělicí roviny rozděleny na vodorovné a svislé. Vodorovné převodové skříně se používají pro zdvihová ústrojí, svislé pro pojíždění koček. Zároveň různá provedení převodovek závisí na druzích ozubení, a hlavně na rozsahu převodových poměrů. Většinou mají převod do pomala, tj. vstupní hřídel je rychloběžný a výstupní pomaloběžný, a jsou buď jednostupňové, nebo třístupňové. Materiál skříní je buď ze šedé litiny, nebo svařené z ocelových plechů.



Obr. 3-10. Převodová skříň [18]

3.1.2.4 Brzdy

Brzdový mechanismus (obr. 3-11), [str. 27] je velmi důležitý pro bezpečný provoz a slouží k zastavení či zpomalení různých druhů pohybu jeřábu i jeho částí.

Poznáme: brzdy stavěcí (čelist'ové a pásové)

brzdy regulační (čelist'ové, západkové pásové, kuželové, lamelové, odstředivé).

Nejvíce používané jsou čelistové brzdy, ovládané elektromagnetickým nebo elektrohydraulickým odbrzdovačem – elhy. Jsou napojeny paralelně s elektromotorem pohybového nebo zvedacího mechanismu. Při přerušení obvodu pákový systém s pružinami přitlačí čelisti na povrch bubnu.

Méně často se používá brzdový mechanismus s pásovou brzdou.



Obr. 3-11. Brzdový mechanismus [19]

4 Pohonná jednotka portálového jeřábu

4.1 Přehled

Portálové jeřáby se pohybují s koly po kolejnicích jeřábové dráhy a jejich pojízďecí ústrojí se mění podle rozpětí jeřábu. Portál zpravidla má 4, 8 nebo 16 pojízďecích kol, kde jejich počet závisí na zatížení jednotlivých noh. Více než 16 kol mají jen portálové jeřáby velkých nosností a rozpětí.

Když je portál uložen na osmi nebo více kolech, tak se spájejí po dvojicích do vahadel, které nám zaručují stejnoměrné rozložení tíhy na všechna kola.

Pojízďecí rychlosti jsou malé, 12 až 30 m/min. Zastavení jeřábu musí být plynulé, bez rázu, aby nedocházelo k rozkmitání břemene.

4.2 Rozdělení podle hnacího členu

Hnací člen jeřábu:

- elektrický,
- parní,
- hydraulický,
- ruční.

Elektrický hnací člen je nejpoužívanější, až 80 %.

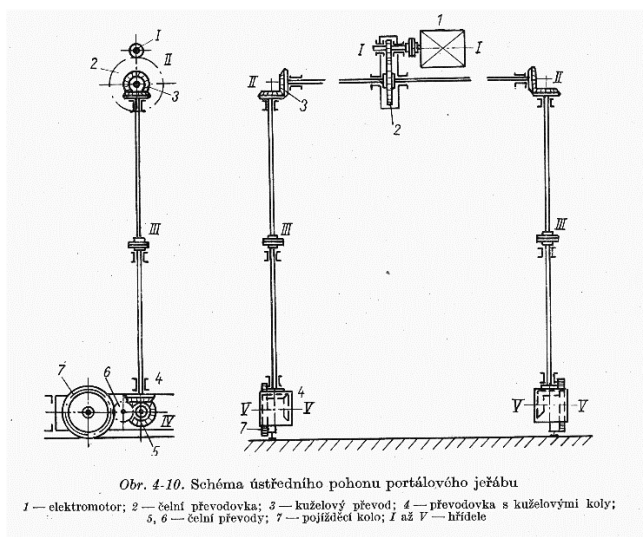
Výhody - lehký přívod energie, pohotovost, okamžité zapínání a vypínání, možnost elektrického brždění, snadná a pohodlná obsluha.

Nevýhody- možnost úrazu od elektrické sítě, závislost na elektrickém zdroji.

Ruční hnací člen- při malých nosnostech a jednoduchých zařízeních, vyžití k montážním účelům, případně jako záložní způsob pohonu.

Rozdělení pojižděcího ústrojí:

- ústřední hnací člen,
- hnací člen s vazbou mechanickou,
- hnací člen s vazbou elektrickou,
- hnací člen bez vzájemné vazby,
- hnací člen jedné nohy.



Obr. 4-1. Pojižděcí ústrojí portálu s ústředním hnacím členem [20]

4.2.1 Ústřední hnací člen

Ústřední hnací člen (obr. 4-1) pohání obě strany jeřábu jedním motorem. Je umístěn uprostřed portálového mostu a pomocí vodorovného a svislého hřídele přenáší otáčivý moment na kola soustavy. Je účinný hlavně u tuhých portálů s menším rozpětím a rovnou jeřábovou dráhou. Nevýhodou je dlouhá spojovací hřídel, a tím pádem větší hmotnost.

4.2.2 Hnací člen s vazbou mechanickou

Každá strana portálového jeřábu má vlastní hnací člen s motorem, ale oba hnací členy jsou spojeny svislými a vodorovnými vyrovnávacími hřídeli.

4.2.3 Hnací člen s vazbou elektrickou

Každá strana portálového jeřábu má vlastní hnací člen s motorem. Různé zatížení motoru je vyrovnáno buď elektrickou hřídelovou spojkou, nebo elektrickým vyrovnávacím hřídelem.

4.2.4 Hnací člen bez vzájemné vazby

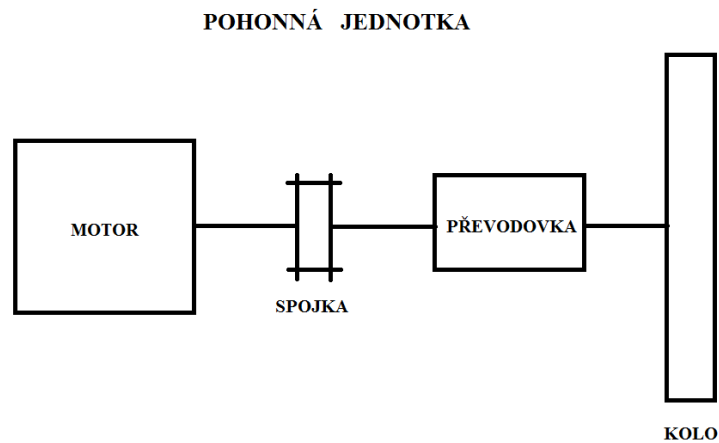
Každá strana portálového jeřábu má vlastní hnací člen s motorem, avšak bez mechanického nebo elektrického vyrovnávání otáček. To znamená, že odlehčená noha portálu se může předjíždět. Při malých rozpětích a tuhých konstrukcích k přičení nedochází. Při větším rozpětí pružnost konstrukce umožní malé předjíždění, avšak vlivem deformace portálu dochází k většímu zatížení motoru, které přibrzdí rychlost. Při velkých rozpětích je to řešeno pomocí vhodného signalizačního zařízení.

4.2.5 Hnací člen jen na jednu nohu

Využití pouze u velmi tuhé konstrukce a při působení převážného zatížení na téhle straně nohy portálu. Hnací člen je buď jedním motorem uprostřed příčnicku, nebo samostatným motorem u každého kola pojezdu.

5 Obecné zákonitosti

Uvedení potřebných vztahů, které budou použity při výpočtech návrhu pohonné jednotky (obr. 5-1) portálového jeřábu a jejích částí.



Obr. 5-1 Pohonná jednotka

5.1 Výpočet výkonu motoru

U zadání je nutno počítat s takovým výkonem, aby motor dokázal vytvořit požadovaný kroutící moment na kolo, a tak byla dosažena požadovaná rychlost jeřábu.

Potřebný výkon *pojízdcího motoru* je dán vztahem [5, str. 225/226] :

$$P = \frac{(T+F_1) \cdot v}{102 \cdot 60 \cdot \eta_c} \quad [\text{kW}]$$

T – odpor pojízdčích kol při pojíždění [kp],

F_1 – tlak větru vanoucího proti směru jízdy [kp],

v – pojízdčí rychlost [m/min],

η_c – celková účinnost pojízdčícího ústrojí.

Odpor pojízdčích kol se určí:

$$T = \frac{Q+G}{R} \cdot (e + f_{\xi} \cdot r) \cdot \kappa \quad [\text{kp}]$$

Q – tíha břemene [kp]

G – tíha pojízdčícího zařízení (kočky, jeřábu) [kp]

e – součinitel valivého tření [cm]; bývá $e = 0,06$ až $0,08$ cm,

f_{ξ} – součinitel čepového tření pojízdčích kol:

$f_{\xi} = 0,08$ až $0,10$ pro kluzná kola,

$f_{\xi} = 0,015$ až $0,030$ pro valivá ložiska,

r – poloměr čepu pojízdčícího kola [cm],

R – poloměr pojízdčícího kola [cm],

κ – součinitel přídatných odporů,

$\kappa = 1,5$ až $2,0$.

Tlak větru se počítá z rovnice

$$F_1 = q_1 \cdot C_v \cdot S \quad [\text{kp}],$$

S – plocha průmětu obrysu pojízdčícího zařízení do roviny kolmé na směr větru (tedy i na směr jízdy) [m^2],

q_1 – měrný tlak větru [kp/m^2]; pro výpočet hnacích motorů se uvažuje těmito hodnotami:

$q = 15 \text{ kp}/m^2$ pro všechny jeřáby kromě přístavních a plovoucích,

$q_1 = 25 \text{ kp}/m^2$ pro jeřáby přístavní a plovoucí,

C_v – tvarový součinitel pro plnostěnné nosníky 1,6, pro skříňové nosníky 1,6, jeřábové kabiny 1,2, jeřábové kočky 1,4.

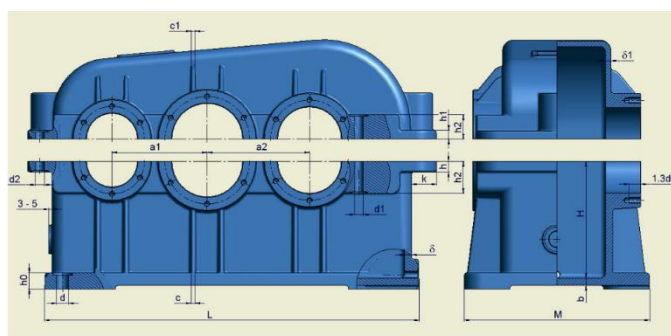
5.2 Převodová skříň

Převodová skříň se skládá z: převodové skříně [6], ozubených kol (s čelním přímým ozubením), hřídele, ložiska a víka ložisek.

5.2.1 Návrh rozměru převodové skříně

Důležitým krokem při celkovém konstrukčním návrhu převodovky (obr. 5-2) je určení jejích rozměrů a vypracování koncepčního návrhu. Převodová skříň musí být dostatečně tuhá, aby zachytávala zatížení od ozubených soukolí. Zde se v plné míře uplatní konstruování pomocí počítače a příslušných softwarů, protože je nutné mnohokrát zpřesnit konstrukci převodovky a změnit rozměry komponentů na základě různých pevnostních výpočtů.

Převodová skříň se z důvodů montáže navrhuje dvojdílná. Dělicí rovina je vodorovná a prochází osami hřídelů.



Obr. 5-2 Návrh rozměrů lité dvojdílné převodovky

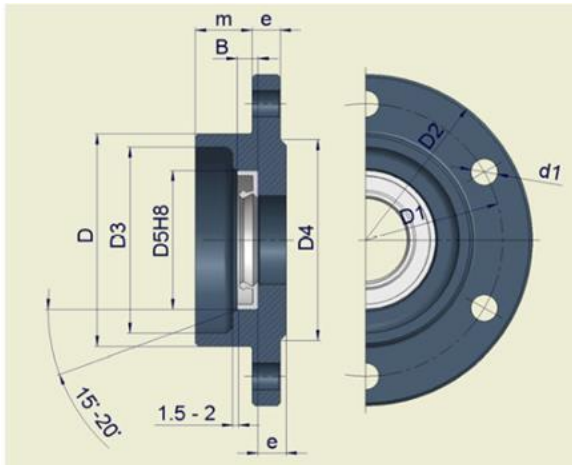
Tabulka 5-1 Doporučené rozměry dna a víka převodové skříně

Název	Označení	Rozměr
Tloušťka steny dna skříně	δ	$\delta = 0,025 \cdot a + 5$
Tloušťka steny víka	δ_1	$\delta_1 = (0,8 \div 0,85) \cdot \delta$
Tloušťka žebra dna skříně	c	$c = (0,8 \div 1,0) \cdot \delta$
Tloušťka žebra víka	c_1	$c_1 = (0,8 \div 0,85) \cdot \delta_1$
Tloušťka příruby dna skříně	h	$h = (1,5 \div 1,75) \cdot \delta$
Tloušťka příruby víka	h_1	$h_1 = (1,5 \div 1,75) \cdot \delta_1$
Tloušťka základový příruby	h_0	$h_0 = (2,25 \div 2,75) \cdot \delta$
Šířka příruby víka a dna skříně	k	$k = (3,5 \div 4) \cdot d$
Průměr základových šroubu	d	$d = (1,5 \div 2) \cdot \delta$
Počet základových šroubu	n	$n = \frac{L + M}{200 \div 300}$
Průměr šroubu při ložiskách	d_1	$d_1 \geq 0,75 \cdot d$
Průměr šroubu spájící víko ložiska se skříní převodu	d_0	$d_0 = 8 \div 12 \text{ mm}$
Průměr šroubu spájící víko skříně se dnem skříně převodu	d_2	$d_2 = 0,5 \cdot d$

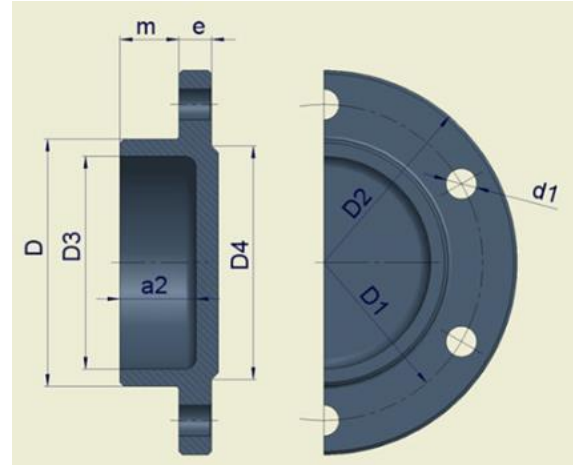
Doporučené rozměry lité skříně jsou v tabulce 5-1.

5.2.2 Návrh konstrukce vík ložisek

Rozměry vík (obr. 5-3), (obr. 5-4) se konstrukčně přizpůsobí největšímu průměru ložiska D .



Obr. 5-3 Víko s hřídelovým těsněním



Obr. 5-4 Víko bez hřídelového těsnění

Tabulka 5-2 Doporučené rozměry vík ložisek

Název	Velikost
Rozestup průměru šroubu	$D_1 = D + 2,5 \cdot d_0$
Průměr šroubu víka	$d_0 = 8 \div 12 \text{ mm}$
Vnější průměru víka	$D_2 = D_1 + (2,5 \div 3) \cdot d_0$
Průměr vnitřního osazení víka	$D_3 = (0,85 \div 0,9) \cdot D$
Průměr vnějšího osazení víka	$D_2 = D_1 + (2,5 \div 3) \cdot d_0$
Průměr otvorů šroubu víka	$d_1 = d_0 + (1 \div 2)$
Tloušťka příruby víka	$n=4$ pro průměr hřídelí $d \leq 50 \text{ mm}$
Počet šroubu víka	$n=6$ pro průměr hřídelí $d > 50 \text{ mm}$

5.2.3 Hřídel [7]

Hřídele (obr. 5-5), [str. 33] jsou převážně válcové strojní součásti, které slouží k přenosu rotačního

pohybu a přenosu krouticího momentu. Bezpečnost hřídele se kontroluje podle HMM hypotézy, nebo podle $\max. \tau$, které musí být menší než dovolené napětí σ_d .

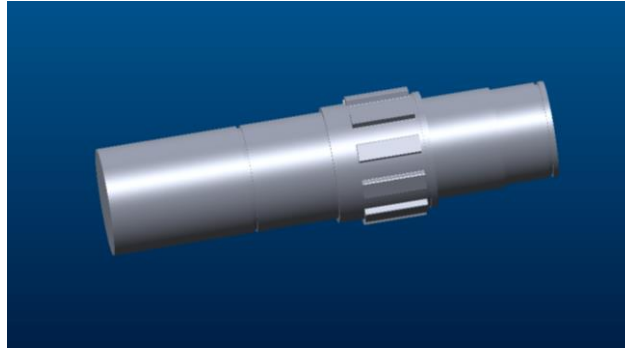
$$\sigma_{red(HMH)} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

σ_{red} redukované napětí

σ celkové napětí od ohybu a tahu [MPa]

$$\sigma_{red(max\tau)} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

τsmykové napětí



Obr. 5-5 Hřídel

Napětí v hřídeli

Při výpočtu reakcí, síly a momentu v hřídeli budeme vycházet z rovnovážných podmínek $\sum F = 0, \sum M = 0$.

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o}$$

σ_o napětí v ohybu [MPa]

M_{omax}maximální ohybový moment [N. mm]

$$\sigma_t = \frac{F_a}{S}$$

W_oprůřezový modul v ohybu [mm²]

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k}$$

σ_tnapětí od tahu [MPa]

F_acelková axiální síla [N]

Snamáhaná plocha průřezu [mm²]

τ_k smykové napětí [MPa]

M_kkroucí moment [N.mm]

W_kprůřezový modul v krutu [mm³]

Průřezový modul pro kruhový průřez

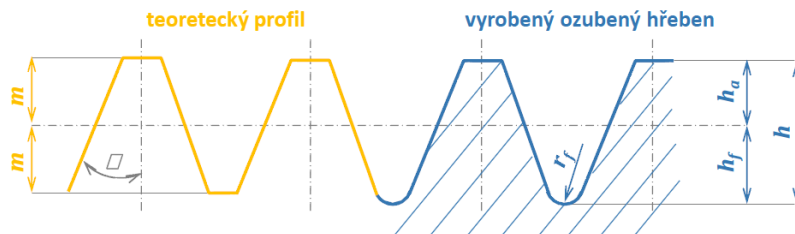
$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

dprůměr vyšetřovaného průřezu [mm]

$$W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

5.2.4 Ozubená kola

- Základní geometrické parametry
 - Základní profil hřebene



- Parametry výškového profilu zubu (normalizované ozubení)

- jednotková výška hlavy zubu $h_a^* = 1$ $h_a = h_a^* \cdot m$
- jednotková radiální vůle $c_a^* = 0,25$ $c_a = c_a^* \cdot m$
- jednotková výška paty zubu $h_f^* = h_a^* + c_a^* = 1,25$ $h_f = h_f^* \cdot m$
- jednotkový poloměr přechodové křivky $r_f^* = 0,38$ $r_f = r_f^* \cdot m$
- výška zubu $h = h_a + h_f$

Obr. 5-6 Základní geometrické parametry

Tabulka 5-3 Rozměry korigovaných čelních válcových ozubených kol

V - korigovaná kola	pastorek - kolo 1	kolo - kolo 2
	Z_1, x_1	Z_2, x_2
	$m, \alpha, h_a^*, c_a^*, h_f^* = h_a^* + c_a^*$	
pro normalizované ozubení	$\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$	
teoretická osová vzdálenost	$a = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$	
valivá osová vzdálenost	$a_w = \frac{a \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w}$	
rozteč na roztečném ϕ	$p = \pi \cdot m$	
tloušťka zubu na rozteč. ϕ	$s_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$s_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m + 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
šířka zubové mezery na rozteč. ϕ	$e_1 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$	$e_2 = 0,5 \cdot \pi \cdot m - 2 \cdot m \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$
tloušťka zubu na obecném ϕ	$s_{y1,2} = d_{y1,2} \cdot \left(\frac{s_{1,2}}{d_{1,2}} + \operatorname{ev} \alpha - \operatorname{ev} \alpha_{y1,2} \right)$	

Tabulka 5-4 Rozměry korigovaných čelních válcových ozubených kol

V - korigovaná kola	pastorek - kolo 1	kolo - kolo 2
	z_1, x_1	z_2, x_2
	$m, \alpha, h_a^*, c_a^*, h_f^* = h_a^* + c_a^*$	
pro normalizované ozubení	$\alpha = 20^\circ, h_a^* = 1, c_a^* = 0,25$	
součtová korekce	$\Sigma x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot (ev\alpha_w - ev\alpha)$	
∅ roztečné kružnice	$d_1 = m \cdot z_1$	$d_2 = m \cdot z_2$
∅ základní kružnice	$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha$	$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha$
∅ patní kružnice	$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_1$	$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot m \cdot h_f^* + 2 \cdot m \cdot x_2$
∅ hlavové kružnice	$d_{a1} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f2}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$	$d_{a2} = 2 \cdot \left(a_w - \frac{d_{f1}}{2} - m \cdot c_a^* \right)$
∅ valivé kružnice	$d_{w1} = \frac{d_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w}$	$d_{w2} = \frac{d_2 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w}$

Pro nekorigovaná soukolí platí korekce $x = 0$ a pro kola s přímými zuby je úhel sklonu zubů $\beta = 0^\circ$

z_1, z_2, \dots počet zubů kola [zuby]

m, \dots modul ozubení [mm]

α, \dots úhel záběru ozubených kol [°]

β, \dots úhel sklonu zubů [°]

Minimální korekce – zamezí podříznutí paty zubu při výrobě

$$x_{\min} = \frac{z_m - z}{z_m} = \frac{17 - z}{17}$$

z_m, \dots mezní počet zubů, při kterém nedojde k podříznutí boku

z, \dots počet zubů kola

Maximální korekce – zamezí špičatosti zubu

Špičatost zubu se posuzuje podle jeho tloušťky s_a na hlavové kružnici

$$s_a = d_a \cdot \left(\frac{s}{d} + ev\alpha - ev\alpha_a \right) \leq s_{amin}$$

Doporučení

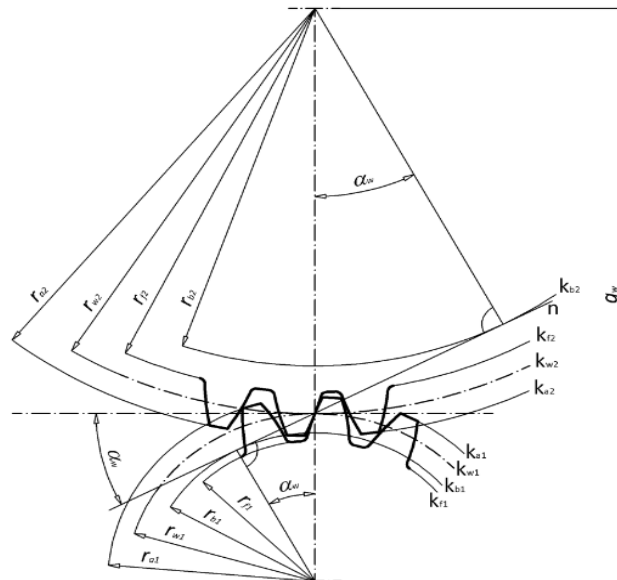
- pro tvrzené boky zubů $s_{amin} = 0,4 m$

- bez tepelného zpracování $s_{amin} = 0,25 m$

Korekce osové vzdálenosti (obr. 5-7) – součtová korekce

Provádíme v případě, že osová vzdálenost a_w je jiná než teoretická a , tj.: $a_w \neq a$

$$\sum x = x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot (ev \alpha_w - ev \alpha)$$



Obr. 5-7 Korekce na osovou vzdálenost

Součinitel záběru vnějšího ozubení s přímými zuby

$$\varepsilon_\alpha = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot [z_1 \cdot (\operatorname{tg} \alpha_{a1} - \operatorname{tg} \alpha_w) + z_2 \cdot (\operatorname{tg} \alpha_{a2} - \operatorname{tg} \alpha_w)]$$

Hrubý návrhový výpočet podle Bacha

Návrh podle Bacha vychází ze zjednodušeného modelu, kde je v záběru pouze jeden pár zubů, navrhovaný zub je zatížen pouze obvodovou složkou normálové síly a je namáhán pouze na ohyb.

Základní Bachův vztah pro přímé ozubení

$$F_o = t \cdot b \cdot c$$

V případě, že máme zvolený počet zubů z_1 , má návrh modulu m tvar.:

$$m = 8,6 (7,5) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t \cdot \cos \beta}{\Psi \cdot c \cdot z_1}}$$

Pozn.: konstanta 8,6 platí pro přímé ozubení a konstanta 7,5 pro šikmé ozubení.

ψsoučinitel materiálu [-]

cdovolené namáhání zubu v ohybu [MPa]

M_tkroucí moment [N·m]

Kontrolní návrhový výpočet podle Merrita (ČSN 01 4686)

Tento výpočet je určený pro výpočet obvodové síly u spolu zabírajícího ozubeného kola a následné porovnáním se skutečnou obvodovou silou.

$$F_o \leq F_D = \pi \cdot c_{min} \cdot b \cdot m \cdot \mu$$

F_Ddovolená obvodová síla pro spoluzabírající kola N

F_oobvodová síla N

c_{min} $\min\{c_{o1}, c_{o2}, c_{d1}, c_{d2}\}$ – min. výpočtová konstanta pro spoluzabírající kola

mmodul ozubení

bšířka ozubení

μsoučinitel přesnosti ozubených kol

Výpočtové konstanty pro ozubená kola 1 a 2 pro ohyb

$$c_{o1} = \frac{\sigma_{Do1} \cdot r_{o1}}{y_{o1}}, c_{o2} = \frac{\sigma_{Do2} \cdot r_{o2}}{y_{o2}}$$

$\sigma_{Do1,2}$dovolené napětí materiálu ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (hodnoty v tabulkách)

$r_{o1,2}$rychlostní součinitel ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (hodnoty v tabulkách)

$y_{o1,2}$tvarový součinitel ozubených kol 1 a 2 pro ohyb (hodnoty v tabulkách)

Výpočtové konstanty pro ozubená kola 1 a 2 pro otláčení

$$c_{d1} = \frac{\sigma_{Dd1} \cdot r_{d1}}{U \cdot y_d}, c_{d2} = \frac{\sigma_{Dd2} \cdot r_{d2}}{U \cdot y_d}$$

σ_{Dd1}dovolené napětí materiálu ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (hodnoty z tabulek)

$r_{d1,2}$rychlostní součinitel ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (hodnoty s tabulek)

$y_{d1,2}$tvarový součinitel ozubených kol 1 a 2 pro otláčení (hodnoty s tabulek)

Usoučinitel velikosti zubu ozubených kol $U = (m/10)^{0,2}$, kde m je modul

5.2.5 Ložiska

Kontrola pevnosti

$$S_o = \frac{C_o}{F_{max}} \geq 1$$

Kontrola oteplení

$$S_n = \frac{n_{dov}}{n_{max}} \geq 1$$

Kontrola trvanlivosti

$$S_h = \frac{L_h}{L_{požad}} \geq 1$$

$$L_h = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{F_e}\right)^p$$

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

C_ostatická únosnost N

F_{max}maximální síla působící na ložisko N

n_{dov}dovolené otáčky ot/min

n_{max}maximální otáčky ot/min

L_hdoba běhu (životnost) hod

$L_{požad}$požadovaná doba běhu hod

notáčky ot/min

Cdynamická únosnost N

F_eekvivalentní zatížení N

pexponent, $p = 3$ pro bodový styk,

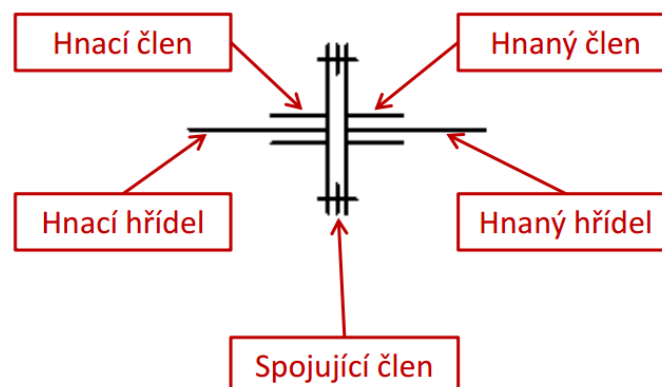
$p = \frac{10}{3}$ pro čárový styk

F_rradiální síla N

F_aaxiální síla N

X, Ykoeficienty působení jednotlivých sil na ložisko, udává výrobce.

5.2.6 Spojka [8]



Obr. 5-8 Schéma spojkky

Obecné výpočty spojky

Velikost spojky se určuje hlavně pomocí výpočtového krouticího momentu a provozního součinitele K.

Výpočet krouticího momentu:

$$M_v = K \cdot \frac{P}{\omega} = \frac{K \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n}, \quad M_v = K \cdot M_k$$

D_s střední průměr spojky

F obvodová síla

K provozní součinitel

Průměr hřídele:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_v}{\pi \cdot \tau_{DK}}}$$

P přenášený výkon

M_v výpočtový krouticí moment

M_k jmenovitý krouticí

d průměr hřídele

Obvodové síla:

$$F = \frac{2 \cdot M_v}{D_s}$$

n otáčky

τ_{DK} dovolené namáhání

ω úhlová rychlost

6 Návrh pohonné jednotky portálového jeřábu

Pro svoji práci jsem si zvolil průmyslový portálový jeřáb se zadanými parametry, který bude pracovat v hale, v trojsměnném provozu na nakládku a vykládku břemen. Maximální zatížení bude jenom v jednom směru, což bude mít značný vliv na celkový výpočet a životnost navrhované převodovky.

Tabulka 6-1 Specifikace portálového jeřábu

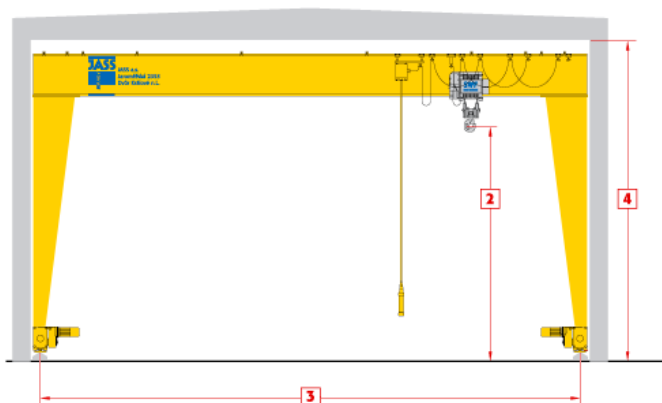
Druh jeřábu, jeho určení a popis provozu	Zdvihová třída	Druh provozu	Spektrum napětí	Provozní skupina
Jeřáb portálový a poloportálový				
1 s hákem, pro montážní práce	H2	D2	S2	J2
2 s hákem, pro překládací práce	H2	D3	S3	J5
3 drapákový pro trvalý provoz	H3	D4	S3	J6
4 drapákový, přerušovaný provoz	H3	D4	S2	J5
5 speciální na pneumatikovém podvozku	H2			J2

6.1 Zadané parametry portálového jeřábu

Pro návrh pohonné jednotky portálového jeřábu (obr. 6-1) jsou důležité tyto vstupní údaje. Celková hmotnost jeřábu G (jeřáb + kočka), tíha břemena Q , odpor pojezděcích kol T , pojezděcí rychlost v , celková účinnost pojezděcího ústrojí η_c , poloměr pojezděcího kola R , poloměr čepu pojezděcího kola, součinitel přidavných odporů a valivého a čepového tření.

Zadaný parametry:

m_1 - hmotnost jeřábu	8500 [kg]
m_3 - tíha břemena	4000 [kg]
m_2 - hmotnost kočky	500 [kg]
R - poloměr pojezděcího kola	20 [cm]
r - poloměr čepu pojezděcího kola	5,25 [cm]
e - součinitel valivého tření	0,07 [cm]
f_c - součinitel čepového tření pojezděcích kol (valivé ložiska)	0,02 [cm]
χ - součinitel přidavných odporů	1,7
η_c - celková účinnost pojezděcího ústrojí	85 %



Obr. 6-1 [21]

Tabulka 6-2 Zadané parametry jeřábu

Zadané parametry	Hodnoty
1. maximální nosnost břemena	4000kg
2. výška zdvihu	7m
3. rozpětí jeřábu	15m
4. celková výška jeřábu	10m
5. rychlost pojezdu jeřábu	30m/min
6. celková hmotnost jeřábu	9000kg

6.2 Životnost portálového jeřábu

Uvažovaná doba používání portálového jeřábu je 20 let.

L_hživotnost [hod]

rpočet let v provozu (20 let)

dpracovní dny v roce [dny] (průměrně 250 dní)

hhodiny provozu ze dne [hod] (cca 14 hodin)

$$L_h = r \cdot d \cdot h$$

$$L_h = 20 \cdot 250 \cdot 14$$

$$L_h = \mathbf{70\ 000\ hod}$$

6.3 Výpočet výkonu motoru

Výpočet odporu pojezděcích kol

$$T = \frac{Q+G}{R} \cdot (e + f_{\xi} \cdot r) \cdot \chi \quad [kp]$$

$$G = G_1 + G_2 = g \cdot m_1 + g \cdot m_2$$

$$G = 8500 \cdot 9,81 + 500 \cdot 9,81$$

$$G = \mathbf{88\ 290\ [kp]}$$

$$Q = m_3 \cdot g$$

$$Q = 4000 \cdot 9,81$$

$$Q = \mathbf{39\ 200\ [kp]}$$

$$T = \frac{Q+G}{R} \cdot (e + f_{\xi} \cdot r) \cdot \chi \quad [kp]$$

$$T = \frac{88\ 290 + 39\ 200}{20} \cdot (0,07 + 0,02 \cdot 5,25) \cdot 1,7$$

$$T = \mathbf{1897,00\ [kp]}$$

Výpočet výkonu motoru

Pvýkon motoru [kW]

$$P = \frac{T \cdot v}{102 \cdot 60 \cdot \eta_c} [kW]$$

Todpor pojezděcích kol při poježdění [kp]

$$P = \frac{1897 \cdot 30}{102 \cdot 60 \cdot 0,85}$$

vpojezděcí rychlost [m/min]

$$P = \mathbf{10,94 \cong 11\ [kW]}$$

η_ccelková účinnost pojezděcího ústrojí.

Celkový výkon potřebný k pohonu portálového jeřábu je 11 kW. Pohonná jednotka jeřábu bude umístěna na obou stranách, proto při návrhu převodovky bude potřebný jen poloviční výkon.

$$P_{m1} = \frac{P}{2} = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ [kW]}$$

Pro návrh převodové skříně s výstupem na hřídel budu uvažovat jako vstupní člen trojfázový asynchronní motor 1LE firmy Siemens (obr. 6-2).

Elektromotor SIEMENS 1LE1002-1CB0, 5.5kW, 1450ot

Tabulka 6-3 Vlastnosti elektromotoru

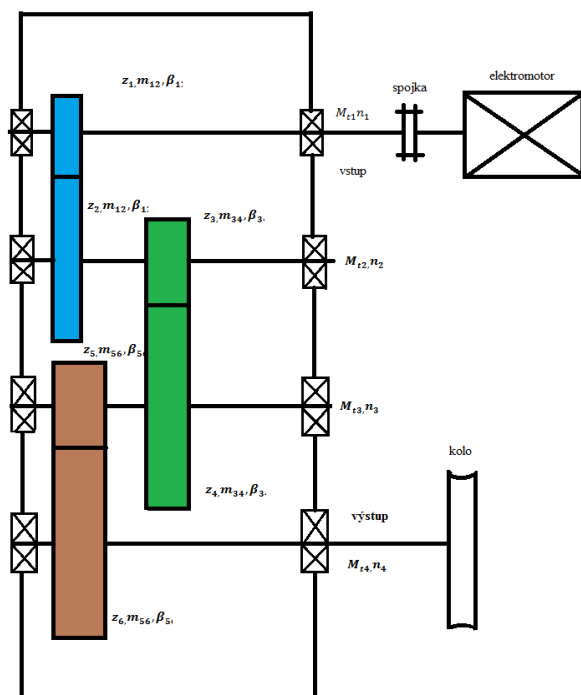
Velikost (osová výška)	132S
Výkon:	5.5kW
Otáčky:	1450 min^{-1}
Napětí:	400/690V, 50Hz
Ložisko strana D	6208 2ZC3
Ložisko ND	6208 2ZC3
Krytí:	IP55
Vyvážení motoru:	stupeň vibrací A
Standartní nátěr	RAL 7030
Váha	38kg



Obr. 6-2 Elektromotor Siemens [22]

6.4 Zatěžovací spektrum převodovky

6.4.1 Kinematické schéma převodovky



$z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6 \dots$ zuby ozubených kol
 $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6 \dots$ moduly ozubených kol
 $n_1, n_2, n_3, n_4 \dots$ otáčky hřídelí
 $M_{t1}, M_{t2}, M_{t3}, M_{t4} \dots$ kroutící momenty hřídelí

Obr. 6-3 Kinematické schéma

6.4.2 Návrhové výpočty

Základní výpočty: výkon motoru, celkový převodový poměr, návrh počtu zubů soukolí, výpočet točivých momentů, otáček, orientačních průměrů hřídelí a návrh modulu pro jednotlivá soukolí. Vypočteme v jednotlivých kapitolách.

6.4.3 Výpočet převodových poměrů

Pro návrh převodové skříně je důležité vypočítat celkový převodový poměr i_{celk} mezi vstupními otáčkami i_{motoru} a výstupními otáčkami i_{kola} .

Pro volbu jednotlivých převodových poměrů se doporučuje, aby se jednotlivé poměry volily do hodnoty $i_i < 4,5$, počet zubů pastorku by se měl volit od $z = 15 \div 28$, a převodové poměry by se měly od vstupu do převodové skříně k výstupu postupně zvyšovat.

Zadané parametry:

n_{motor} - otáčky elektromotoru	1450ot/min
D – průměr kola jeřábu	0,40 mm
v – pojízdná rychlost jeřábu	30 m/min

$$i_{celk} = \frac{n_{motor}}{n_{kola}} \qquad n_{kola} = \frac{v_{kola}}{\pi \cdot D} = \frac{30}{\pi \cdot 0,40} = \mathbf{24 \text{ ot/min}}$$

$$i_{celk} = \frac{1450}{24} = \mathbf{60,4166}$$

$$i_{celk} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3$$

Převodový poměr i_{12} :

Volím hodnotu převodového poměru $i_1 = 3,65$ a počet zubů pastorku $z_1 = \mathbf{20}$

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow z_2 = i_{12} \cdot z_1 = 3,65 \cdot 20 \qquad z_2 = \mathbf{73}$$

Převodový poměr i_{34} :

Volím hodnotu převodového poměru $i_2 = 3,95$ a počet zubů pastorku $z_3 = \mathbf{21}$

$$i_{34} = \frac{z_4}{z_3} \Rightarrow z_4 = i_{34} \cdot z_3 = 3,95 \cdot 21 \qquad z_4 = \mathbf{83}$$

Převodový poměr i_{56} :

Hodnotu převodového poměru dopočítáme a počet zubů pastorku volíme $z_5 = \mathbf{21}$

$$i_{celk} = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{56} \Rightarrow i_{56} = \frac{i_{celk}}{i_{12} \cdot i_{34}} = \frac{60,4166}{3,65 \cdot 3,95} = 4,19$$

$$i_{56} = \frac{z_6}{z_5} \Rightarrow z_6 = i_{56} \cdot z_5 = 4,19 \cdot 21 \qquad z_6 = \mathbf{88}$$

Tabulka 6-4 Počet zubů soukolí

soukolí	pastorek z_{n-1}	kolo z_n
12	20	73
34	21	83
56	21	88

Účinnost převodových poměrů η :

$$\eta_{12} = \frac{i_1}{i_2} = \frac{3,65}{3,95} = 0,92 = \mathbf{92\%}$$

$$\eta_{23} = \frac{i_2}{i_3} = \frac{3,95}{4,19} = 0,94 = \mathbf{94\%}$$

6.4.4 Výpočet točivých momentů a otáček hřídele

Další úlohou je určit točivé momenty a otáčky na jednotlivých hřídelích. Při výpočtech budeme vycházet ze zadaných hodnot otáček, výkonu elektromotoru na vstupu převodovky a otáček kola na výstupu.

Výpočet točivých momentů:

$$M_{t(i-1)} = \frac{M_{ti}}{i_{(n-1)n} \cdot \eta_{(n-1)n}} = \frac{\frac{P_i}{2 \cdot \pi \cdot n_i}}{i_{(n-1)n} \cdot \eta_{(n-1)n}} \left[N_m = \frac{W}{1 \cdot s^{-1}} \right]$$

$$n_{i-1} = n_i \cdot i_{(n-1)n}$$

Točivý moment M_{t1} na hřídeli 1:

$$P_i = M_{ti} \cdot \omega \Rightarrow M_{ti} = \frac{P_i}{\omega} = \frac{P_i}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60}}$$

P_{motor} – výkon elektromotoru

5,5 [kW]

n_1 – otáčky elektromotoru

1450 [ot/min]

$$M_{t1} = \frac{P_{motor}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{n_1}{60}} = \frac{5,5 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1450}{60}}$$

$$M_{t1} = 36 [Nm]$$

Točivý moment M_{t2} na hřídeli 2:

M_{t1} – točivý moment hřídel 1

i_{12} – převodový poměr z_2/z_1

$$M_{t2} = M_{t1} \cdot i_{12} \cdot \eta_{12}$$

η_{12} – účinnost převodových poměrů i_1/i_2

$$M_{t2} = 36,23 \cdot 3,65 \cdot 0,92$$

$$M_{t2} = 122 [Nm]$$

Točivý moment M_{t3} na hřídeli 3:

M_{t2} – točivý moment hřídel 2

i_{34} – převodový poměr z_4/z_3

$$M_{t3} = M_{t2} \cdot i_{34} \cdot \eta_{23}$$

η_{23} – účinnost převodových poměrů i_2/i_3

$$M_{t3} = 121,7 \cdot 3,95 \cdot 0,94$$

$$M_{t3} = 452 [Nm]$$

Točivý moment M_{t4} na hřídeli 4:

M_{t3} – točivý moment hřídel 3

i_{56} – převodový poměr z_6/z_5

$$M_{t4} = M_{t3} \cdot i_{56} \cdot \eta_{23}$$

η_{23} – účinnost převodových poměrů i_2/i_3

$$M_{t4} = 452 \cdot 4,19 \cdot 0,94$$

$$M_{t4} = 1780 [Nm]$$

Otáčky n_1 hřídele 1:

$$n_{i-1} = n_i \cdot i_{(n-1)n}$$

n_{motor} – otáčky elektromotoru = n_1 otáčky hřídele 1

$$n_1 = 1450 [ot/min]$$

Otáčky n_2 hřídele 2:

n_1 – otáčky hřídele 1

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{1450}{3,65}$$

i_{12} – převodový poměr z_2/z_1

$$n_2 = 397,5 \text{ [ot/min]}$$

Otáčky n_3 hřídele 3:

n_2 – otáčky hřídele 2

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{34}} = \frac{397,5}{3,95}$$

i_{34} – převodový poměr z_4/z_3

$$n_3 = 100 \text{ [ot/min]}$$

Otáčky n_4 hřídele 4:

n_3 – otáčky hřídele 3

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{56}} = \frac{100}{4,19}$$

i_{56} – převodový poměr z_6/z_5

$$n_4 = 24 \text{ [ot/min]}$$

Tabulka 6-5 Točivé momenty a otáčky hřídelí

hřídel číslo	M_t [Nm]	n [ot/min]
1	36	1450
2	122	397
3	452	100
4	1780	24

6.4.5 Výpočet orientačních průměrů hřídelí

Tím, že jsme v zadání předtím spočítali všechny točící momenty, můžeme nyní přejít k návrhu jmenovitých průměrů hřídelí. Budeme počítat se snížením dovoleným napětím v krutu $\tau_d = 30 \text{ Mpa}$. Vypočtený průměr hřídele se ještě zvětší o hodnotu hloubky drážky pro pero t , která nám hřídel zeslabuje: $d = d' + t$, a výsledek zaokrouhlíme směrem nahoru na nejbližší normalizovaný hřídel.

$$\tau_k = \tau_d = \frac{M_{ti}}{W_{ki}} = \frac{M_{ti}}{\frac{\pi \cdot d_{ji}^3}{16}} \Rightarrow d_{or} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{ti}}{\pi \cdot \tau_d}}$$

Hřídel d_1 :

Materiál hřídele **16 220.40**

M_{t1} – točivý moment hřídel 1

$$d'_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{t1}}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 36 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30}}$$

τ_d – dovolené napětí v krutu

t – hloubka drážky pro pero

$$d'_1 = 18,28 \text{ mm}$$

$$d_1 = d'_1 + t = 18,28 + 3,5 = 21,78 \text{ mm}$$

$$\text{volím } d_1 = 25 \text{ mm}$$

Hřídel d_2 :

Materiál hřídele **16 220.40**

M_{t2} – točivý moment hřídel 2

$$d'_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{t2}}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 122 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30}}$$

τ_d – dovolené napětí v krutu

t – hloubka drážky pro pero

$$d'_2 = 27,46 \text{ mm}$$

$$d_2 = d'_2 + t = 27,46 + 4,1 = 31,56 \text{ mm}$$

volím $d_2 = 35 \text{ mm}$

Hřídel d_3 :

Materiál hřídele **16 220.40**

M_{t3} – točivý moment hřídel 3

$$d'_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{t3}}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 452 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30}}$$

τ_d – dovolené napětí v krutu

t – hloubka drážky pro pero

$$d'_3 = 42,49 \text{ mm}$$

$$d_3 = d'_3 + t = 42,49 + 4,9 = 47,39 \text{ mm}$$

volím $d_3 = 50 \text{ mm}$

Hřídel d_4 :

Materiál hřídele **11 600**

M_{t4} – točivý moment hřídel 4

$$d'_4 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{t4}}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1780 \cdot 10^3}{\pi \cdot 30}}$$

τ_d – dovolené napětí v krutu

t – hloubka drážky pro pero

$$d'_4 = 42,49 \text{ mm}$$

$$d_4 = d'_4 + t = 67,10 + 7,4 = 74,5 \text{ mm}$$

volím $d_4 = 75 \text{ mm}$

Tabulka 6-6 Průměry hřídelí

Hřídel číslo	d_{or}
1	25
2	35
3	50
4	75

6.4.6 Návrh jednotlivých modulů ozubených kol

Podle Bachova vzorce dopočítáme jednotlivé moduly ozubených kol.

Bachův vzorec pro výpočet modulu:

$$m_{(n-1)n} = 8,6(7,5) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{ti} \cdot \cos \beta}{c \cdot \psi \cdot z_{n-1}}}$$

8,6.....konstanta pro přímé ozubení
7,5.....konstanta pro šikmé ozubení
c.....15
ψ.....15
β..... 0°

Modul soukolí m_{12} :

$$m_{12} = \sqrt[3]{\frac{M_{t1} \cdot \cos \beta}{c \cdot \psi \cdot z_1}} = \sqrt[3]{\frac{36 \cdot \cos 0}{15 \cdot 15 \cdot 20}}$$

$m_{12} = 1,72$

volím modul $m_{12} = 2$

Modul soukolí m_{34} :

$$m_{34} = \sqrt[3]{\frac{M_{t2} \cdot \cos \beta}{c \cdot \psi \cdot z_3}} = \sqrt[3]{\frac{122 \cdot \cos 0}{15 \cdot 15 \cdot 21}}$$

$m_{34} = 2,75$

volím modul $m_{34} = 3$

Modul soukolí m_{56} :

$$m_{56} = \sqrt[3]{\frac{M_{t3} \cdot \cos \beta}{c \cdot \psi \cdot z_5}} = \sqrt[3]{\frac{452 \cdot \cos 0}{15 \cdot 15 \cdot 21}}$$

$m_{56} = 3,99$

volím modul $m_{56} = 4$

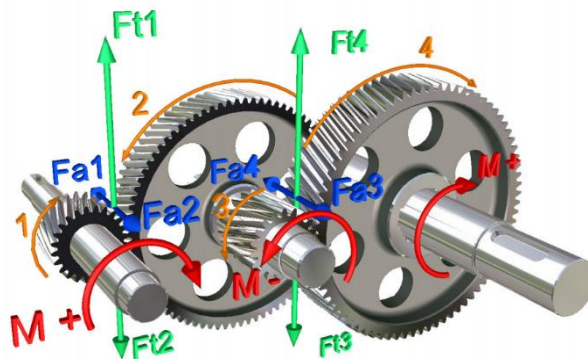
Tabulka 6-7 Moduly soukolí

Soukolí	$M_t [Nm]$	$z_{n-1} [-]$	$c [MPa]$	$\beta [^\circ]$	$\psi [-]$	$m_{(n-1)n} [mm]$
12	36	20	10-15	8-15°	tvrzené zuby 10-15 šlechtěné zuby 25	$m_{12} = 2$
34	122	21				$m_{34} = 3$
56	452	21				$m_{56} = 4$

Ostatní výpočty budeme provádět v programu PREV, který počítá rozměry nosného profilu hřídele, výpočtové členění nosného profilu souhmotí, výpočet jednotlivých ložisek, zatížení v převodových prvcích (obr. 6-4), [str. 49] síly v převodových prvcích, obvodové rychlosti, reakce

v

ložiskách, deformace v převodových prvcích, deformace v ložiskách, maximální deformaci a napětí, dynamickou a statickou kontrolu ložisek, rozměrové výpočty ozubených kol, pevnostní výpočty ozubených kol, kontrola pro jednorázové zatížení. Výstupy z programu PREV jsou k nahlédnutí v Příloze č. 2.



Obr. 6-4 Řešení silových poměrů v převodovce [23]

Úpravy dimenzování v programu PREV:

U souhmotí 3,0, při dimenzování těsného pera hřídele 3, pod ozubeným kolem z_4 , při pevnostní podmínce na odtlačení, došlo k výsledku, který není dostačující pro vhodné spojení hřídele a kola z_4 . Počítalo se s délkou pera 40 mm, navrhovaná délka, která vyhovuje pevnostní podmínce je 43,394 mm. Pro konstrukční záměr byla zvolena délka pera 45 mm.

Další chybou v návrhu byla u souhmotí 4,0, při dimenzování těsného pera hřídele 4, pod ozubeným kolem z_6 , při pevnostní podmínce na odtlačení, navrhovaná délka pera. Řešením byl návrh rovnobokého drážkování hřídele z_6 .

7 Montáž, provoz a údržba

7.1 Montáž převodové skříně

Prvním krokem při montáži je namontování per na hřídele. [6]

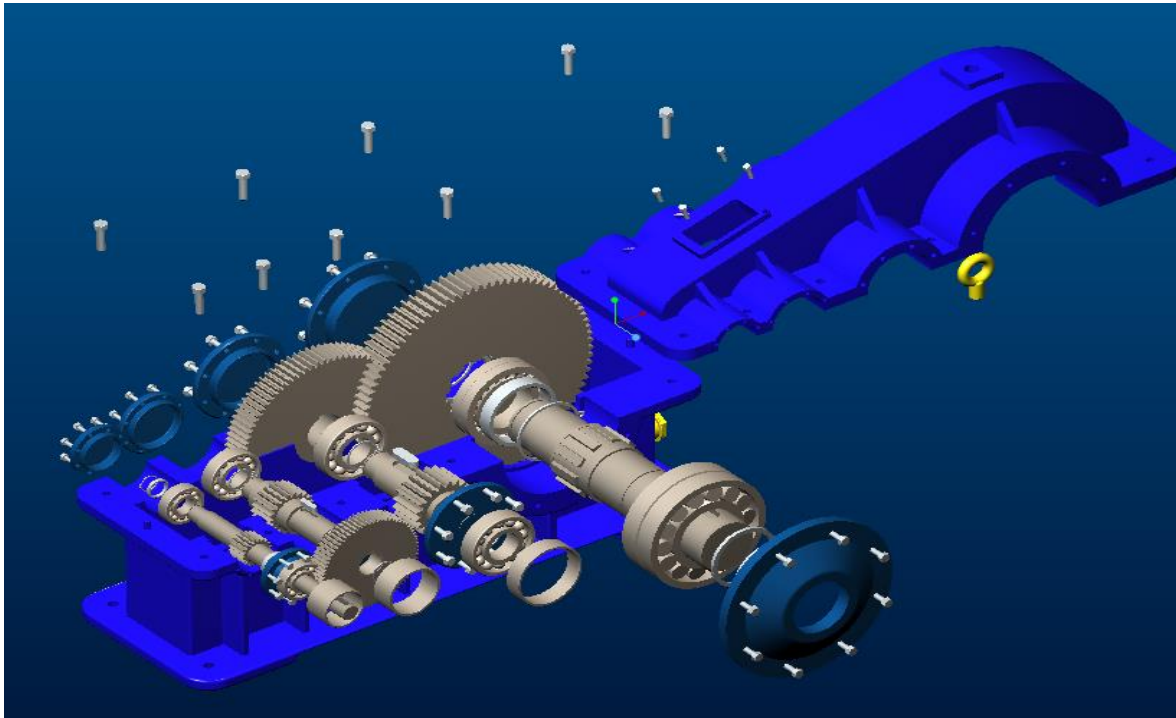
Ozubená kola nalisujeme na hřídele. Po usazení a upevnění je musíme axiálně zajistit v obou směrech proti samovolnému posunutí. Vložíme vymezovací pouzdra a na hřídele nalisujeme ložiska, která zajistíme v obousměrně v axiálním směru tak, aby byla opřena do rámu převodovky.

Smontované hřídele osadíme do skříně převodovky tak, aby vznikl statický určitý nosník s jednou pevnou a druhou posuvnou vazbou. Posuvnou vazbu uložíme na stranu, kde působí menší síla.

Vstupní a výstupní hřídel utěsníme guferem DIN 3760. Na zátku a olejoznak můžeme použít těsnící kroužky čokovitého průřezu ČSN 02 9311.

K utěsnění hřídelových vík používáme měkké ploché těsnění v kombinaci s těsnícím tmelem.

Dno a víko převodové skříně utěsníme těsnícím tmelem.

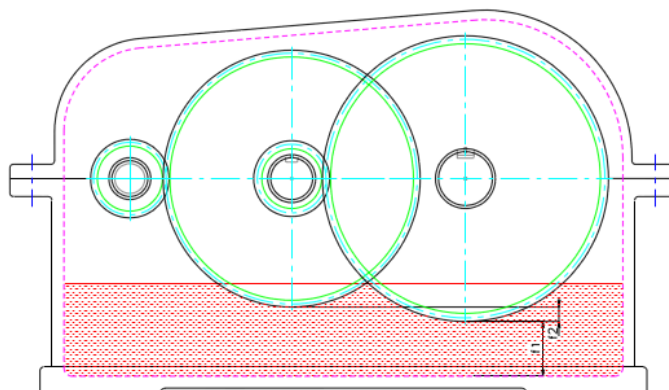


Obr. 7-1 Rozstřel převodové skříně

7.2 Provoz a údržba

Mazání a chlazení je důležité z důvodu správné funkce ozubených převodů, ložisek hřídelí, vytváření olejového filmu proti korozi, snížení hlučnosti a třecích účinků a zvýšení jeho trvanlivosti a životnosti.

Pro konstrukční návrh je zvoleno mazání broděním (obr. 7-2). Rotací kol dochází k rozstříku oleje po stěnách skříně. Kola jsou ponořena v oleji asi trojnásobné výšky zubu. Tento způsob je nejčastějším pro mazání a chlazení převodů.



Obr. 7-2 Mazání broděním [24]

8 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh pohonné jednotky portálového jeřábu, respektive konstrukční návrh samotné převodové skříně.

Zpočátku se zabývá rešerší v oblasti manipulačních zařízení pro přenos a manipulaci s břemenem, kde jsou uvedeny základní rozdělení a parametry. Stručně jsou popsány jednotlivé části zařízení, jejich důležité vlastnosti a samotné díly.

Při samotném konstrukčním návrhu bylo postupováno dle základních strojírenských výpočtů. Byly využity hlavně při návrhu výkonu motoru, určení točících momentů, které pak vedly k návrhu jednotlivých hřídelí. V převodovém ústrojí se jednalo o návrh převodových poměrů, otáček hřídelí a točících momentů, které vedly k návrhu modulu ozubení a návrhu jednotlivých rozměrů ozubených kol. Následně se v programu PREV provedli ostatní potřebné výpočty pro návrh, dimenzování a kontrolu všech součástí převodovky.

Výkresová dokumentace je zpracovávána pomocí 3D softwaru v modeláři, který umožňuje při konstrukci návrhů urychlit práci. Stejně tak je velmi užitečný při tvorbě výrobní dokumentace.

9 Bibliografie

- [1] **Kemka, Vladislav.** *Stavba a provoz strojů : stroje a zařízení : pro SPŠ strojní.* Praha : Informatorium, 2009. 978-80-7333-075-0.
- [2] **Remta, František, Kupka, Ladislav a Dražan, František.** *Jeřáby.* Praha 1 : SNTL, 1974. Sv. 1. díl.
- [3] **Remta, František a Kupka, Ladislav.** *Jeřáby.* Praha 1 : SNTL, 1961. Zv. 3. díl.
- [4] **Remta, František, Kupka, Ladislav a Dražan, František.** *Jeřáby.* Praha 1 : SNTL, 1975. Zv. 2. díl.
- [5] **Remta, František, a iní.** *Jeřáby.* Praha : SNTL, 1974. s. 255 - 256. Zv. 1. Díl.
- [6] **Varhalíková, Dagmar.** spssol.cz. *Střední průmyslová škola strojnícka.* [Online] 1. 08 2004. [Datum: 10. 05 2015.] [http://www.spssol.cz/~vyuka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20\(E\)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf](http://www.spssol.cz/~vyuka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20(E)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf).
- [7] **Krátky, Jaroslav, Krónerová, Eva a Hosnedl, Stanislav.** *Obecné strojní části 2 : Základní a složené převodové mechanismy.* Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2011. 978-80-261-0066-9.
- [8] **Svobodová, Magdaléna.** web.spssbrno.cz. *Střední průmyslová škola a vyšší odborná škola technická.* [Online] 01. 05 2000. [Datum: 01. 05 2015.] http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_14-07.pdf.

10 Zdroje obrázků

- [1] Dostupné z: <http://www.jord.sk/svk/page/zeriavy/mostove/mostove-zeriavy> (13. 10. 2014)
- [2] Dostupné z: <http://www.krantechnik.cz/portalove-zeraby> (13. 10. 2014)
- [3] Dostupné z: <http://www.kpk.sk/sk/stlp3.htm> (13. 10. 2014)
- [4] Dostupné z: <http://www.tjskl.org.cn/products-search/pz535a68d-cz5093734-dc30t-double-hook-gear-speed-reducers-derrick-cranes.html>
(14. 10. 2014)
- [5] Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/novinky/japonske-pristavy-vyuziti-hybridni-zeraby>
(14. 10. 2014)
- [6] Dostupné z: http://spz.logout.cz/album/pl/pl_pkpplk_edk.html (14. 10. 2014)
- [7] Dostupné z: <http://www.liebherr.cz/cs-CZ/94615.wfw>
(14. 10. 2014)
- [8] Dostupné z: <http://www.scksk.sk/most-cez-oresund-dansko-svedsko>
(14. 10. 2014)
- [9] Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/cteni/lomarstvi/09.htm> (08. 06. 2014)
- [10] Dostupné z: <http://www.bgb.sk/portalovy-zeriav> (13. 06. 2015)
- [11] Dostupné z: <http://ole.wz.cz/honza/6-Je%C5%99%C3%A1by.htm> (08. 06. 2014)
- [12] Dostupné z: <http://www.bgb.sk/portalovy-zeriav> (08. 06. 2014)
- [13] Dostupné z:
http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_07-03.pdf
(08. 06. 2014)
- [14] Dostupné z: <http://www.ocelovalana.cz/cz/m/lana-sestipramenna-standardnich-konstrukci/>
(18. 10. 2014)
- [15] Dostupné z: <http://www.vingu.cz/katalog/kovane-haky-dle-din-15401-15402> (01. 06. 2015)
- [16] Dostupné z: <http://ok1zed.sweb.cz/s/01-machine-tech/cranelift.htm> (01. 06. 2015)
- [17] Dostupné z: <http://olm.firmyvkraji.cz/produkty/spojky> (01. 06. 2015)
- [18] Dostupné z: <http://www.pohony.cz/cs/prevodovky/katalog/celni-prevodovky-1/celni-prevodovka-paralelni-e-box-p-24> (19. 10. 2014)
- [19] Dostupné z: <http://www.kpc.cz/cs/produkty/komponenty-zdvihu/specialni-brzdy.aspx>
(19. 10. 2014)
- [20] Dostupné z: **Remta, František, a iní.** *Jeřáby*. Praha : SNTL, 1974. s. 237. Zv. 1. Díl.
- [21] Dostupné z: <http://www.jass.cz/portalove-zeraby> (01. 06. 2015)
- [22] Dostupné z: <http://www.elektromotory.net/siemens/1la7-1500-otacek/1le1001-6-2-1.html>
(01. 06. 2015)

[23]Dostupné z: [http://www.spssol.cz/~vy-uka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20\(E\)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf](http://www.spssol.cz/~vy-uka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20(E)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf) (01. 06. 2015)

[24]Dostupné z: [http://www.spssol.cz/~vy-uka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20\(E\)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf](http://www.spssol.cz/~vy-uka/TRIDY/3.A/CAD/2%C2%B0P%C5%98EVODOVKA_ZAD%C3%81N%C3%8D/Prevodovka%20(E)/Media/Prevodovka/Misc/Manual.pdf) (01. 06. 2015)

11 Seznam obrázků

Obr. 2-1. Mostový jeřáb [1]	15
Obr. 2-2. Portálový jeřáb [2]	16
Obr. 2-3. Konzolový jeřáb [3]	17
Obr. 2-4. Jeřáb derik [4]	18
Obr. 2-5. Stacionární jeřáb [5]	19
Obr. 2-6. Kolejový jeřáb [6]	19
Obr. 2-7. Autojeřáb [7]	20
Obr. 2-8. Plovoucí jeřáb [8]	21
Obr. 2-9. Lanový jeřáb [9]	22
Obr. 3-1 Popis portálového jeřábu [10]	23
Obrázek 3-2 portálový jeřáb příhrádková konstrukce	23
Obr. 3-3 Portálový jeřáb příhrádkové konstrukce [11]	23
Obr. 3-4. Portálový jeřáb s pojízdnou kočkou [12]	24
Obr. 3-5. Zvedací ústrojí jeřábové kočky [13]	25
Obr. 3-6. Ocelové lana [14]	26
Obr. 3-7. Jeřábové háky [15]	26
Obr. 3-8. Lanový buben [16]	27
Obr. 3-9. Pevná kotoučová spojka [17]	27
Obr. 3-10. Převodová skříň [18]	28
Obr. 3-11. Brzdový mechanismus [19]	29
Obr. 4-1. Pojízďecí ústrojí portálu s ústředním hnacím členem [20]	30
Obr. 5-1 Pohonná jednotka	31
Obr. 5-2 Návrh rozměrů lité dvojdílné převodovky	33
Obr. 5-3 Víko s hřídelovým těsněním	34
Obr. 5-4 Víko bez hřídelového těsnění	34
Obr. 5-5 Hřídel	35

Obr. 5-6 Základní geometrické parametry	36
Obr. 5-7 Korekce na osovou vzdálenost	38
Obr. 5-8 Schéma spojky	40
Obr. 6-1 [21]	42
Obr. 6-2 Elektromotor Siemens [22]	44
Obr. 6-3 Kinematické schéma	45
Obr. 6-4 Řešení silových poměrů v převodovce [23]	51
Obr. 7-1 Rozstřel převodové skříně	52
Obr. 7-2 Mazání broděním [24]	52

12 Seznam příloh

Příloha č. 1 – CAD 3D modely navrhované převodové skříně

Příloha č. 2 – Výstupní hodnoty z výpočetního programu PREV

13 Výkresová dokumentace

Druh výkresu	Název	Číslo výkresu	Formát
Výkres sestavy	Převodová skříň	KKS-BP-01	A1
Výrobní výkres	Dno převodové skříně	KKS-BP-02	A3
Výrobní výkres	Hřídel z3	KKS-BP-03	A3

Použitý software:

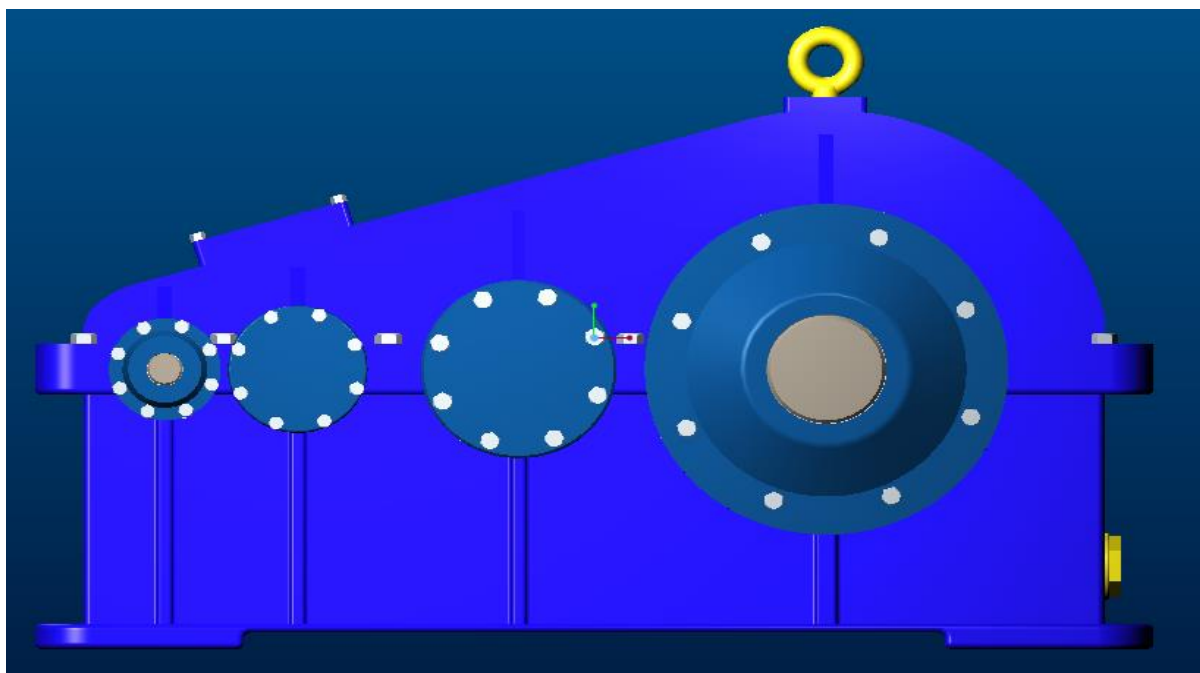
Microsoft Office Word 2013

Creo Parametric 2.0

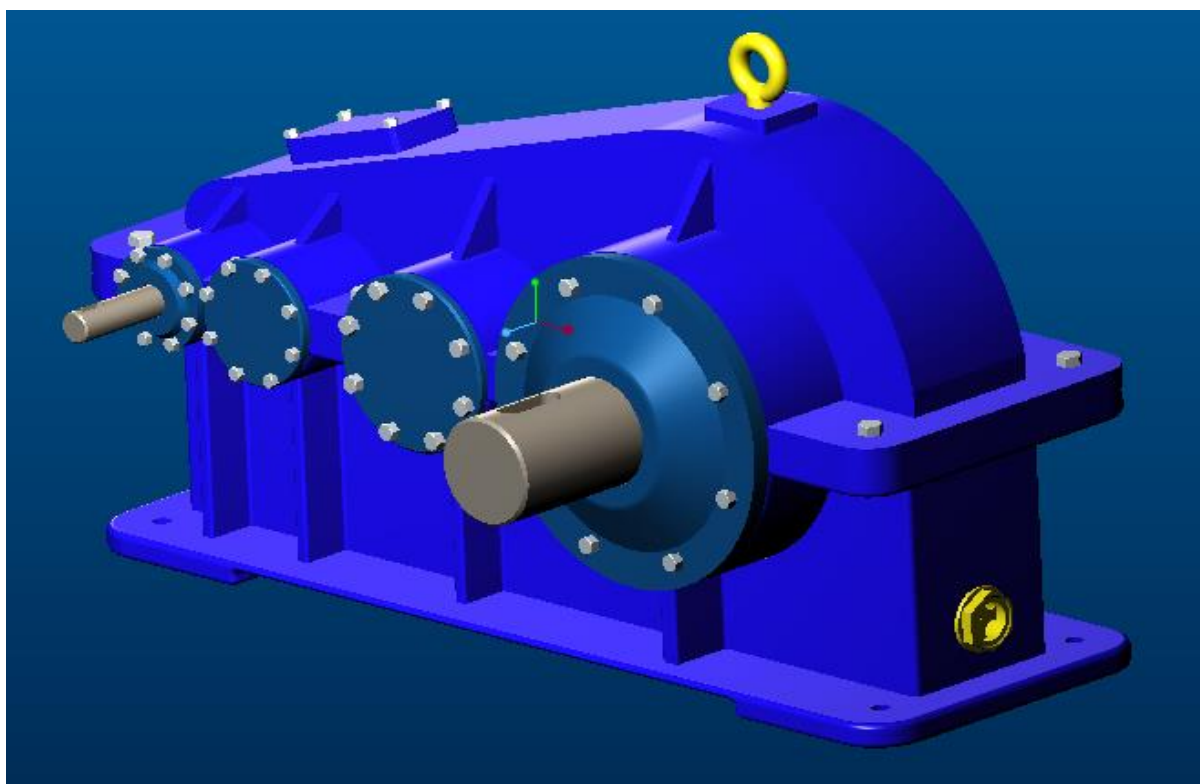
Adobe Acrobat Pro

PŘÍLOHA č. 1

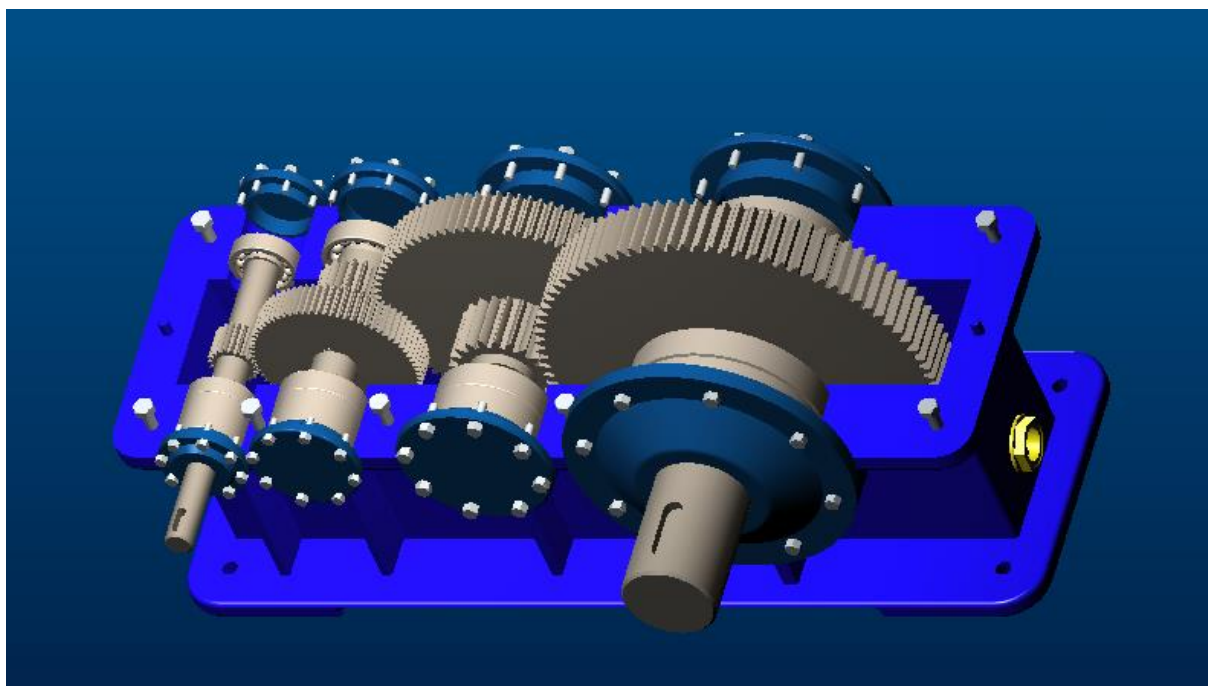
CAD 3D modely navrhované převodové skříně



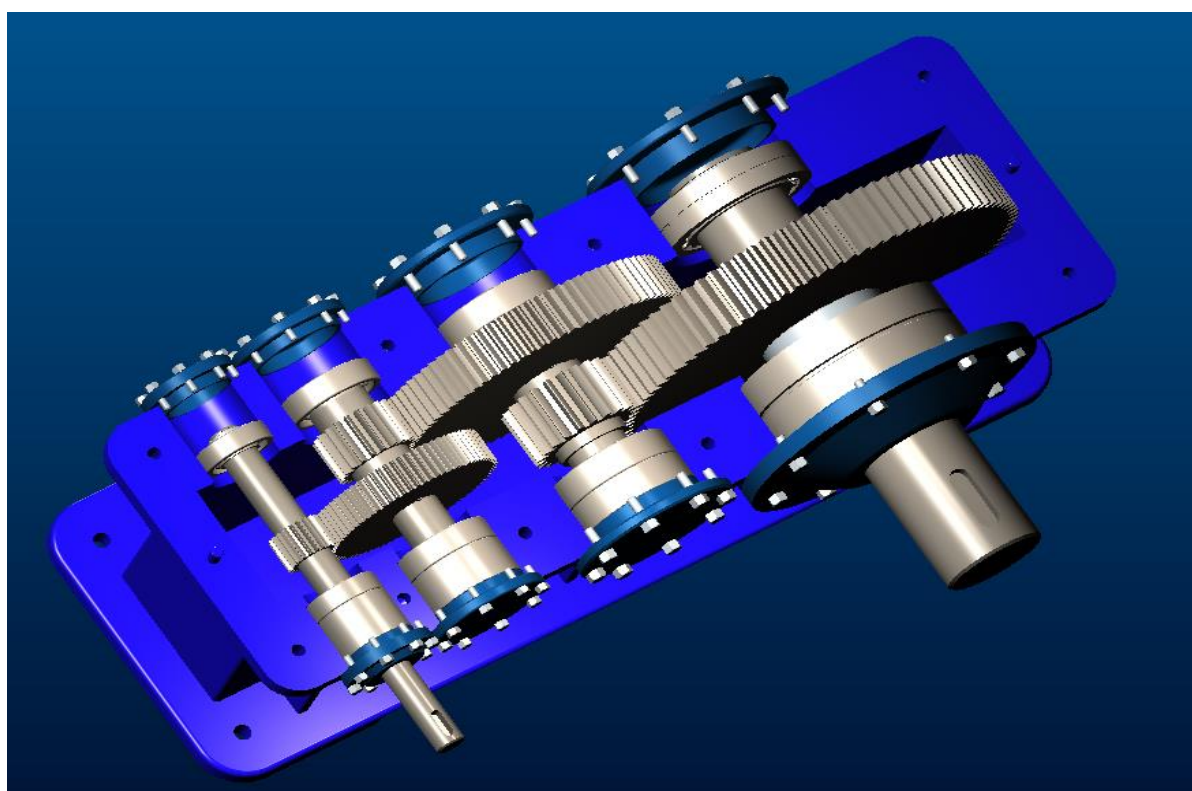
Obr. 13-1 Převodová skříň – pohled nárys



Obr. 2 Převodová skříň



Obr. 3 Převodová skříň bez víka skříně



Obr. 4 Převodová skříň – pohled na ozubené převody

PŘÍLOHA č. 2

Výstupní hodnoty z výpočetního programu PREV

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 1

Blok + souhmoti :zadani

Blok	:	1	pocet souhmoti :	4	
Souhmoti	:	1.0	souradny system :	kartezky	
ish	I	material	souradnice pocatku	(1.loz.)	
	I		x[mm]	y[mm]	z[mm]
	I				
1	I	16220.40	.00	.00	.00
	I				

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti	:	1.0	pocet rezu :	5
rez	I	Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]
	I			
1	I	-18.00	25.00	.00
2	I	12.00	30.00	.00
3	I	52.00	45.00	.00
4	I	82.00	30.00	.00
5	I	152.00	25.00	.00
	I			

z-tova sour. praveho konce hrid. : 200.00[mm]

Prevodove prvky - zadani polohy

Souhmoti	:	1.0	pocet zaberu :	2
c. oznaceni	I	sour. Z[mm]	uhel zaberu fi[deg]	
	I			
1	7.08	I	-15.00	360.00
2	1.02	I	67.00	.00
	I			

Loziska - zadani polohy

Souhmoti	:	1.0	pocet lozisek :	2
c. oznaceni	I	sour.Z[mm]	podpera maz. uloz.	
	I			
1	6305	I	.00 .0 olej	ra)
2	6305	I	164.00 .0 olej	ra(
	I			

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 2

Obecná zátěžná místa - zadání polohy

Souhmotí : 1.0 počet OZM : 0

- VÝPOČTOVÉ ČLENĚNÍ NOSNEHO PROFILU SOUHMOTÍ

Souhmotí : 1.00

h r i d e l	z	Dmax	Dmin	I zátěžná místa	I loziska
rez Z[mm]				I ozn. ZM/OZM	I označení typ loziska
1	-18.0	25.0	.0	I	
2	-15.0	25.0	.0	I 7.08 spojka	
3	.0	25.0	.0	I	I 6305 r.kul.jr. ra)
4	12.0	30.0	.0	I	
5	52.0	45.0	.0	I	
6	67.0	45.0	.0	I 1.02 valc.vne.	
7	82.0	30.0	.0	I	
8	152.0	25.0	.0	I	
9	164.0	25.0	.0	I	I 6305 r.kul.jr. ra(
10	200.0	.0	.0	I	

Prevedovce prvky - popis

souhmotí : 1.00		počet ZM : 2
Zakl. zátěžné m.: 1	I Zakl. zátěžné m.:	2
označení : 7.	I označení :	1.
spojka	I celni kolo s vnejsim ozubenim	
druh spojky : obecná spojka	I počet zubu :	20. [-]
	I norm. modul :	2.00 [mm]
	I uhel zaberu zubu:	20.00 [deg]
	I uhel sklonu zubu:	.00 [deg]
	I sklon zubu :	
	I sirka kola :	30.00 [mm]
	I material :	16220.40
	I drsnost :	1.60
	I druh korekce :	merny skluz
	I os.vzdal./j. kor:	95.00 [mm]/[-
	I presnost :	7 - 7 - 5 Dh/III
	I ucinnost :	.98 [-]

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 4

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 1.00 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 1.00 pocet ZZM : 2

z a d a n e	h o d n o t y	I	v y p o c t e n e	h o d n o t y			
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]

7.08	spojka	1.01	36.0	I	.0	.0	.0
		1.02	-28.0	I	.0	.0	.0
.....							
1.02	valc.vne.	1.01	-36.0	I	-1800.0	655.1	.0
		1.02	28.0	I	1400.0	509.6	.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. místo	I	7.	I	1.	I
-----I-----I-----I					
obv. rych. [m/s]	I	.00	I	3.04	I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2

l o z i s k o	I	v y p o c t e n e	h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs	I	Fx	Fy	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]	[N]

6305	r. kul.jr.	1.01I	387.5	1064.6	1133.0	.0
		1.02I	301.4	-828.0	881.2	.0

.....

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 5

6305	r. kul.jr.	1.01I	267.7	735.4	782.6	.0
		1.02I	208.2	-572.0	608.7	.0

DEFORMACE v převodových prvcích

Souhmoti : 1.00 pocet ZMZ : 2
p r e v o d. prvkyI v y p o c t e n e h o d n o t y
ozn. typ ms.zs I pruhyb pruhyb pruhyb natoceni natoceni
 I ux[mm] uy[mm] uo[mm] fio[rad] fik[rad]

7.08	spojka	1.01I	.148E-02	.407E-02	.433E-02	.289E-03	.000E+00
		1.02I	.115E-02	-.317E-02	.337E-02	.225E-03	.000E+00

1.02	valc.vne.	1.01I	-.432E-02	-.119E-01	.126E-01	.710E-04	.553E-03
		1.02I	-.336E-02	.923E-02	.982E-02	.552E-04	-.430E-03

DEFORMACE v loziskach

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2
l o z i s k o I vypoctene hodnoty
oznaceni typ mst.zs I natoceni
 I fio [rad]

6305	r. kul.jr.	1.01I	.2888E-03
		1.02I	.2246E-03

6305	r. kul.jr.	1.01I	.2762E-03
		1.02I	.2148E-03

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 6

maximalni NAPETI

Souhmoti : 1.00

I v y p o c t e n e h o d n o t y
mst. zs.I c. rezu souradnice napeti
[-] [-] I [-] z [mm] sigr [Mpa]

1	1	I	4	12.0	27.1
1	2	I	4	12.0	21.1

Maximalni DEFORMACE a NAPETI

Souhmoti : 1.00

* velicina : m.st. stav poradi hodnota *
*
* pruhyb uo v ZMZ [mm] : 1 1 2 .126E-01 *
* natoceni fio v ZMZ [rad] : 1 1 1 .289E-03 *
* natoceni fio v lozisku [rad] : 1 1 1 .289E-03 *
* napeti [MPa] : 1 1 4 27.1 *

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 7

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 1.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6305A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 2.38 [-]
Trvanlivost loziska : 95348. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 15496. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 8.97 [-]

Staticka kontrola loziska 6305A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 9.18 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 6305A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 7.23 [-]
Trvanlivost loziska : 289335. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 10703. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 8.97 [-]

Staticka kontrola loziska 6305A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 13.29 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 8

```

*****
*          o z u b e n a   k o l a   c e l n i          *
*                                                                 *
*                                                                 *
*                                                                 *
*          razitko pro kolo   1          *
*          =====          *
*                                                                 *
*-----*
* ozubeni (CELNI,KUZELOVE)          i          celni          *
* zuby (PRIME,SIKME,SIPOVE)        i          prime          *
* pocet zubu          i          z          i          20          *
*          i modul          i          m          i          2.00          *
* nastroj i uhel profi          i          alfa          i          20          0          0          *
*          i profil          i          CSN 014607          *
*          i vyska hlavy nastroje          i          hxf          i          1.25.m = 2.50          *
* uhel sklonu bocni krivky zubu          i          beta          i          0          0          0          *
* smysl stoupani bocni krivky zubu          i          -          i          -          *
* jednotkove posunuti          i          x          i          .5068          *
* jednotkova zmena tloustky zubu          i          xt          i          *
* stupen presnosti          st sev 641-77          i          7 - 7 - 5 Dh/III          *
*          i tloustka zubu na tetive          i          i          3.43          -.037          *
*          i          i          i          -.080          *
*          i vyska hlavy zubu nad tetivou          i          i          2.24          *
* kontr. i pres          3 zuby          i          W          i          16.01          -.035          *
* rozmer i          i          i          -.075          *
*          i pres valeycky 0 2.00          i          M          i          41.17          -.155          *
*          i          i          i          -.236          *
* modul celni          i          mt          i          2.00000          *
* prumer zakladni kruznice          i          db          i          37.59          *
* uhel sklonu bocni krivky zubu na zakl.valcii betabi          0          0          0          *
*          i          i          *
*          i          i          *
* betaw15 = 0 0 0          dw15 = 38.91          i          i          *
*-----*
*          spoluzabirajici kolo          *
*-----*
* cislo vykresu i          pocet zubu i          vzdalenost os          aw          i          uhel os          *
*          i          73          i          95.00 + .028          i          0          *
*          i          i          - .028          i          *
*-----*
*                                                                 *
*                                                                 *
*          prumery ozubeného kola 1 [mm]          *
*          =====          *
*          roztecny          40.00          mezni obvodove hazeni          .036          *
*          patni          37.03          *
*          hlavovy          45.72          *
*          *
*          zadana sirka          30.00          mm          *
*****

```


Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 10

```

* * * * *
*          o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*          r o z m e r o v y   v y p o c e t
*          k o r e k c e   n a   m e r n e   s k l u z y
*
*          k o l o   1           k o l o   2
*
*          p o c e t   z u b u   k o l           20           73
*          n o r m a l n y   m o d u l   [ m m ]           2.00
*          n o r m a l n y   u h e l   z a b e r u   [ d e g ]           20   0   0
*          u h e l   s k l o n u   z u b u   [ d e g ] ( k l   )           0   0   0
*          b o c n i   v u l e   [ m m ]           .0000
*          o s o v a   v z d a l e n o s t   [ m m ]           95.0000
*          s i r k a   k o l           [ m m ]           30.00           30.00
*
*          j e d n o t k o v e   p o s u n u t i   p r o f i l u           .5068           .5689
*          p r u m e r y   h l a v o v y c h   k r u z n i c   [ m m ]           45.72           151.97
*          p r u m e r y   r o z t e c n y c h   k r u z n i c   [ m m ]           40.00           146.00
*          p r u m e r y   p a t n i c h   k r u z n i c           [ m m ]           37.03           143.28!p o d   z a k l a d n i
*          p r u m e r y   z a k l a d n i c h   k r u z n i c   [ m m ]           37.59           137.20
*
*          t r v a n i   e v o l v e n t y           1.4313
*          t r v a n i   k r o k u           .0000
*          c e l k o v e   t r v a n i   z a b e r u           1.4313
*
*          m e z e   s o u c t u   j e d n o t k o v y c h   p o s u n u t i
*          s m l u v n i   d o l n i   m e z           -.2650
*          d o p o r u c e n a   d o l n i   m e z           .0000
*          s k u t e c n y   s o u c e t   j e d n .   p o s u n u t i           1.0757
*          d o p o r u c e n a   h o r n i   m e z           1.0000
*          s m l u v n i   h o r n i   m e z           1.5000
*
*          m e z e   j e d n o t k o v y c h   p o s u n u t i   k o l
*          s m l u v n i   d o l n i   m e z           .0000           -.5000
*          d o p o r u c e n a   d o l n i   m e z           .2500           -.5000
*          s k u t e c n e   j e d n o t k o v e   p o s u n u t i           .5068           .5689
*          d o p o r u c e n a   h o r n i   m e z           .6000           .6000
*          s m l u v n i   h o r n i   m e z           .7000           1.0000
*
*          k o n t r o l n i   m i r y
*          p o c e t   z u b u   p r o   m e r e n i           3           9
*          r o z m e r   p r e s   z u b y   [ m m ]           16.01           53.01
*
*          k o n s t a n t n i   t l o u s t k a   z u b u   [ m m ]           3.43           3.51
*          k o n s t a n t n i   v y s k a   z u b u   [ m m ]           2.24           2.35
*
*          h o d n o t y   p r o   b r o u s e n i
*          b e t a   w 15           0   0   0           0   0   0
*          d w 15           38.9137           142.0348
*          b e t a   w 0           0   0   0           0   0   0
*          d w 0           37.5877           137.1951
*          p r u m e r   k r u z .   p o c a t k u   z a b e r u [ m m ]           38.68           145.51
* * * * *

```


Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 13

Souhmoti: 1.0 Prev. prvek c.: 1
Oznaceni prevod. prvku: 7

obecná spojka : není počítána

Blok + souhmoti : zadání

Blok : 1 počet souhmoti : 4
Souhmoti : 2.0 souradny system : kartecky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I

2 I 16220.40 .00 .00 .00
I

Rozměry nosného profilu hřídele - zadání

Souhmoti : 2.0 počet rezu : 6
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I

1 I -17.50 35.00 .00
2 I 12.50 40.00 .00
3 I 82.50 50.00 .00
4 I 102.50 70.00 .00
5 I 142.50 50.00 .00
6 I 152.50 35.00 .00
I

z-tová sour. pravého konce hřid. : 185.00[mm]

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 14

Prevedove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet zaberu : 2

c. oznaceni	I	sour. Z[mm]	uhel zaberu fi[deg]
1	2.01 I	67.50	180.00
2	3.04 I	122.50	.00

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet lozisek : 2

c. oznaceni	I	sour.Z[mm]	podpera	maz.	uloz.
1	6307 I	.00	.0	olej	ra)
2	6307 I	165.00	.0	olej	ra(

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 2.0 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 2.00

h r i d e l	I	zatezna mista	I	l o z i s k a
rez Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I ozn. ZZM/OZM	I oznaceni typ loziska
1	-17.5	35.0	.0 I	I
2	.0	35.0	.0 I	I 6307 r.kul.jr. ra)
3	12.5	40.0	.0 I	I
4	67.5	40.0	.0 I	I 2.01 valc.vne. I
5	82.5	50.0	.0 I	I
6	102.5	70.0	.0 I	I
7	122.5	70.0	.0 I	I 3.04 valc.vne. I
8	142.5	50.0	.0 I	I
9	152.5	35.0	.0 I	I
10	165.0	35.0	.0 I	I 6307 r.kul.jr. ra(
11	185.0	.0	.0 I	I

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 16

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.00 pocet ZMZ : 2

Z a d a n e		h o d n o t y		I		
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	otacky	doba behu
			[Nm]	I	[1/min]	[hod]
2.01	valc.vne.	1.01	-122.0	I	-397.0	20000.0
		1.02	80.0	I	397.0	20000.0
.....I						
3.04	valc.vne.	1.01	122.0	I		
		1.02	-80.0	I		

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.00 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 2.00 pocet ZMZ : 2

z a d a n e		h o d n o t y		I	v y p o c t e n e			h o d n o t y	
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa		
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]		
2.01	valc.vne.	1.01	-122.0	I	-1671.2	608.3			.0
		1.02	80.0	I	1095.9	398.9			.0

.....

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 17

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. místo	I	2.	I	3.	I
-----I-----I-----I					
obv.rych.[m/s]	I	3.06	I	1.32	I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 2.00 pocet lozisek : 2

l o z i s k o		I	v y p o c t e n e h o d n o t y			
oznaceni	typ	mst.zs I	Fx	Fy	Fr	Fa
		I	[N]	[N]	[N]	[N]

6307	r. kul.jr.	1.01I	3.7	-1985.1	1985.1	.0
		1.02I	2.4	1301.7	1301.7	.0

6307	r. kul.jr.	1.01I	797.7	-3559.1	3647.4	.0
		1.02I	523.1	2333.8	2391.7	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 2.00 pocet ZMZ : 2

p r e v o d. prvkyI		v y p o c t e n e		h o d n o t y		
ozn.	typ	ms.zs I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni
		I	ux [mm]	uy [mm]	uo [mm]	fio [rad]
						fik [rad]

2.01	valc.vne.	1.01I	-.353E-03	.925E-02	.926E-02	.229E-04	.000E+00
		1.02I	-.232E-03	-.607E-02	.607E-02	.150E-04	.000E+00

3.04	valc.vne.	1.01I	-.347E-03	.536E-02	.537E-02	.111E-03	-.152E-03
		1.02I	-.227E-03	-.352E-02	.352E-02	.730E-04	.995E-04

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 19

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 2.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6307A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 7.87 [-]
Trvanlivost loziska : 314754. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 16843. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 25.00 [-]

Staticka kontrola loziska 6307A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 8.97 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 6307A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.27 [-]
Trvanlivost loziska : 50745. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 30946. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 25.00 [-]

Staticka kontrola loziska 6307A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.88 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 20

```

* * * * *
*           o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*           r o z m e r o v y   v y p o c e t
*
*   korekce na merne skluzu
*
*           kolo 3           kolo 4
*
*   pocet zubu kol           21           83
*   normalny modul [mm]           3.00
*   normalny uhel zaberu [deg]           20 0 0
*   uhel sklonu zubu [deg] (kl )           0 0 0
*   bocni vule [mm]           .0000
*   osova vzdalenost [mm]           158.0000
*   sirka kol [mm]           40.00           40.00
*
*   jednotkove posunuti profilu           .4357           .2619
*   prumery hlavovych kruznic [mm] 71.43           256.39
*   prumery roztecných kruznic [mm] 63.00           249.00
*   prumery patnich kruznic [mm] 58.11           243.07!pod zakladni
*   prumery zakladnich kruznic [mm] 59.20           233.98
*
*   trvani evolventy           1.5178
*   trvani kroku           .0000
*   celkove trvani zaberu           1.5178
*
*   meze souctu jednotkovych posunuti
*   smluvni dolni mez           -.3200
*   doporučena dolni mez           .0000
*   skutecny soucet jedn. posunuti           .6976
*   doporučena horni mez           1.0000
*   smluvni horni mez           1.5000
*
*   meze jednotkovych posunuti kol
*   smluvni dolni mez           -.0167           -.5000
*   doporučena dolni mez           .2250           -.5000
*   skutecne jednotkove posunuti           .4357           .2619
*   doporučena horni mez           .6000           .6000
*   smluvni horni mez           .7100           1.0000
*
*   kontrolni miry
*   pocet zubu pro mereni           3           10
*   rozmer pres zuby [mm]           23.92           88.16
*
*   konstantni tlouštka zubu [mm]           5.00           4.67
*   konstantni vyska zubu [mm]           3.30           2.84
*   hodnoty pro brouseni
*   beta w15           0 0 0           0 0 0
*   dw15           61.2890           242.2375
*   beta w 0           0 0 0           0 0 0
*   dw 0           59.2006           233.9835
*
*   prumer kruz. pocatku zaberu [mm] 60.63           246.62
* * * * *

```


Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 23

Souhmoti: 2.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 2

Pero

Rozmer pera b x h [mm] : 12 x 8
Delka pera l [mm] : 30
Pocet per n [-] : 1
Krutici moment Mk[Nm] : 122.000
Prumer hridele d [mm] : 40.000
Tlak p [MPa]: 84.722
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : vyhovuje

Blok + souhmoti :zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 4
Souhmoti : 3.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z[mm]
I

3 I 16220.40 .00 .00 .00

I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 3.0 pocet rezu : 6
rez I Z[mm] Dmax[mm] Dmin[mm]
I

1 I -17.50 45.00 .00
2 I 12.50 60.00 .00
3 I 42.50 63.00 .00
4 I 92.50 60.00 .00
5 I 102.50 55.00 .00
6 I 152.50 55.00 .00

I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 165.00[mm]

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 24

Prevedove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet zaberu : 2

c. oznaceni	I	sour. Z[mm]	uhel zaberu fi[deg]
1	5.06 I	67.50	.00
2	4.03 I	122.50	180.00

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet lozisek : 2

c. oznaceni	I	sour.Z[mm]	podpera	maz.	uloz.
1	6309 I	.00	.0	olej	ra)
2	6309 I	165.00	.0	olej	ra(

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 3.0 pocet OZM : 0

- VYPOCTOVE CLENENI NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 3.00

rez	h r i d e l	Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I zatezna mista	I I	l o z i s k a	I
uloz.					I ozn. ZZM/OZM		I oznaceni	typ loziska
1	-17.5	45.0	.0	.0	I			
2	.0	45.0	.0	.0	I		6309	r.kul.jr. ra)
3	12.5	60.0	.0	.0	I			
4	42.5	63.0	.0	.0	I			
5	67.5	63.0	.0	.0	I	5.06 valc.vne.		
6	92.5	60.0	.0	.0	I			
7	102.5	55.0	.0	.0	I			
8	122.5	55.0	.0	.0	I	4.03 valc.vne.		
9	152.5	55.0	.0	.0	I			
10	165.0	.0	.0	.0	I		6309	r.kul.jr. ra(

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 26

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00 pocet ZMZ : 2

Z a d a n e		h o d n o t y		I		
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	otacky	doba behu
			[Nm]	I	[1/min]	[hod]
5.06	valc.vne.	1.01	-452.0	I	100.0	20000.0
		1.02	300.0	I	-100.0	20000.0
.....I						
4.03	valc.vne.	1.01	452.0	I		
		1.02	-300.0	I		

ZATIZENI V OBECNYCH ZATEZNYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00 pocet OZM : 0

SILY V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti : 3.00 pocet ZMZ : 2

z a d a n e		h o d n o t y		I	v y p o c t e n e			h o d n o t y	
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa		
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]		
5.06	valc.vne.	1.01	-452.0	I	-10761.9	3917.0			.0
		1.02	300.0	I	7142.9	2599.8			.0

.....

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 27

4.03	valc.vne.	1.01	452.0	I	3630.5	1321.4	.0
		1.02	-300.0	I	-2409.6	877.0	.0

OBVODOVE RYCHLOSTI

zatez. místo	I	5.	I	4.	I
-----I-----I-----I					
obv. rych. [m/s]	I	.44	I	1.30	I

REAKCE V LOZISKACH

Souhmoti : 3.00 pocet lozisek : 2

l o z i s k o			v y p o c t e n e h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs I	I	Fx	Fy	Fr	Fa
		I		[N]	[N]	[N]	[N]
6309	r. kul.jr.	1.01I		1974.2	7294.4	7556.9	.0
		1.02I		1310.3	-4841.4	5015.6	.0
.....							
6309	r. kul.jr.	1.01I		621.4	7098.0	7125.1	.0
		1.02I		412.4	-4711.0	4729.1	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 3.00 pocet ZMZ : 2

p r e v o d. p r v k y I			v y p o c t e n e h o d n o t y					
ozn.	typ	ms.zs I	I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni	natoceni
		I <td></td> <td>ux [mm]</td> <td>uy [mm]</td> <td>uo [mm]</td> <td>fio [rad]</td> <td>fik [rad]</td>		ux [mm]	uy [mm]	uo [mm]	fio [rad]	fik [rad]
5.06	valc.vne.	1.01I		-.182E-02	-.846E-02	.865E-02	.528E-04	.000E+00
		1.02I		-.121E-02	.562E-02	.574E-02	.350E-04	.000E+00
.....								
4.03	valc.vne.	1.01I		-.123E-02	-.691E-02	.701E-02	.120E-03	-.258E-03
		1.02I		-.816E-03	.458E-02	.466E-02	.795E-04	.171E-03

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 29

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 3.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 6309A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 2.24 [-]
Trvanlivost loziska : 89484. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 40601. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 84.00 [-]

Staticka kontrola loziska 6309A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.02 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

.....

Dynamicka kontrola loziska 6309A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 2.67 [-]
Trvanlivost loziska : 106756. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 38281. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 84.00 [-]

Staticka kontrola loziska 6309A
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.27 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 30

```

* * * * *
*          o z u b e n a   k o l a   c e l n i
*          r o z m e r o v y   v y p o c e t
*          k o r e k c e   n a   m e r n e   s k l u z y
*
*          k o l o   5           k o l o   6
*
*   p o c e t   z u b u   k o l           21           88
*   n o r m a l n y   m o d u l   [ m m ]           4.00
*   n o r m a l n y   u h e l   z a b e r u   [ d e g ]           20   0   0
*   u h e l   s k l o n u   z u b u   [ d e g ] ( k l   )           0   0   0
*   b o c n i   v u l e   [ m m ]           .0000
*   o s o v a   v z d a l e n o s t   [ m m ]           220.0000
*   s i r k a   k o l           [ m m ]           50.00           50.00
*
*   j e d n o t k o v e   p o s u n u t i   p r o f i l u           .4107           .1061
*   p r u m e r y   h l a v o v y c h   k r u z n i c   [ m m ]           95.15           360.71
*   p r u m e r y   r o z t e c n y c h   k r u z n i c   [ m m ]           84.00           352.00
*   p r u m e r y   p a t n i c h   k r u z n i c   [ m m ]           77.29           342.85!p o d   z a k l a d n i
*   p r u m e r y   z a k l a d n i c h   k r u z n i c   [ m m ]           78.93           330.77
*
*   t r v a n i   e v o l v e n t y           1.5491
*   t r v a n i   k r o k u           .0000
*   c e l k o v e   t r v a n i   z a b e r u           1.5491
*
*   m e z e   s o u c t u   j e d n o t k o v y c h   p o s u n u t i
*   s m l u v n i   d o l n i   m e z           -.3450
*   d o p o r u c e n a   d o l n i   m e z           .0000
*   s k u t e c n y   s o u c e t   j e d n .   p o s u n u t i           .5168
*   d o p o r u c e n a   h o r n i   m e z           1.0000
*   s m l u v n i   h o r n i   m e z           1.5000
*
*   m e z e   j e d n o t k o v y c h   p o s u n u t i   k o l
*   s m l u v n i   d o l n i   m e z           -.0167           -.5000
*   d o p o r u c e n a   d o l n i   m e z           .2250           -.5000
*   s k u t e c n e   j e d n o t k o v e   p o s u n u t i           .4107           .1061
*   d o p o r u c e n a   h o r n i   m e z           .6000           .6000
*   s m l u v n i   h o r n i   m e z           .7100           1.0000
*
*   k o n t r o l n i   m i r y
*   p o c e t   z u b u   p r o   m e r e n i           3           11
*   r o z m e r   p r e s   z u b y   [ m m ]           31.82           129.21
*
*   k o n s t a n t n i   t l o u s t k a   z u b u   [ m m ]           6.60           5.82
*   k o n s t a n t n i   v y s k a   z u b u   [ m m ]           4.37           3.30
*
*   h o d n o t y   p r o   b r o u s e n i
*   b e t a   w 15           0   0   0           0   0   0
*   d w 15           81.7187           342.4402
*   b e t a   w 0           0   0   0           0   0   0
*   d w 0           78.9342           330.7718
*   p r u m e r   k r u z .   p o c a t k u   z a b e r u [ m m ]           80.65           347.74
* * * * *

```

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 31

```

*****
*          pevnostni vypocet celnich ozubenych kol s vnejsim ozubenim          *
*                               kolo 5          kolo 6          *
*                               =====          =====          *
* zadane parametry                                                         *
* =====                                                                    *
* pocet zubu          21          88          *
* normalny modul          [mm]          4.00          *
* normalny uhel zaberu          [deg]          20.00          *
* uhel sklonu zubu          [deg]          .00          *
* jednotkove posunuti          .411          .106          *
* sirka          [mm]          50.00          50.00          *
* souc.vysky hlavy hrebenov.nastroje          1.25          *
* souc.polomeru zaobljeni hreb.nastr.          .38          *
* material :          16220.4          14220.4          *
* tepelne zpracovani          CEMENT.KAL.          CEMENT.KAL.          *
* jakostni trida          MQ          MQ          *
* pevnost v jadre          [Mpa]          880.          785.          *
* mez kluzu          [Mpa]          635.          588.          *
* mez unavy v ohybu          [Mpa]          700.          700.          *
* mez unavy v dotyku          [Mpa]          1270.          1270.          *
* tvrdost v jadre          [Hv]          285.          250.          *
* tvrdost boku          [Hv]          650.          650.          *
* min. tloustka tvrz. vrstvy          [mm]          .49          .54          *
* presnost soukoli          7 - 7 - 5 Dh/III          *
* str.aritm.uchyl.profilu(drsnost) [mkm]          1.60          1.60          *
*
*
* soubor zatezovacich stavu na kole 5
* .....
* mk [Nm]          n [1/min]          tau[hod]          *
* zakladni smysl toceni          *
* 300.00          -100.00          20000.00          *
* opacny smysl toceni          *
* -452.00          100.00          20000.00          *
*
* vysledne hodnoty
* =====                                                                    *
*                               kolo 5          kolo 6          *
*                               =====          =====          *
* smerodatne zatizeni
* moment [Nm]
* ohyb          452.0          1894.1          *
* dotyk          452.0          1894.1          *
* obvodova rychlost [m/s]
* ohyb          .440          .440          *
* dotyk          .440          .440          *
*
* soucinitele bezpecnosti :
* .....          *****
* ohyb          * 3.12          3.03 *          *
* dotyk          * 1.28          1.48 *          *
*
*****

```


Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 33

Souhmoti: 3.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 5

Pero

Rozmer pera b x h [mm] : 16 x 10
Delka pera l [mm] : 40
Pocet per n [-] : 1
Krutici moment Mk[Nm] : 452.000
Prumer hridele d [mm] : 55.000
Tlak p [MPa]: 136.970
Dovoleny tlak pd[MPa]: 120.000
p : nevyhovuje

Navrhovana delka l [mm] : 43.394

Blok + souhmoti :zadani

Blok : 1 pocet souhmoti : 4
Souhmoti : 4.0 souradny system :kartezky
ish I material souradnice pocatku (1.loz.)
I x[mm] y[mm] z [mm]

4 I 11600.00 .00 .00 .00

I

Rozmery nosneho profilu hridele - zadane

Souhmoti : 4.0 pocet rezu : 5
rez I Z [mm] Dmax [mm] Dmin [mm]

1 I -90.00 75.00 .00
2 I 12.50 80.00 .00
3 I 92.50 90.00 .00
4 I 102.50 80.00 .00
5 I 165.00 75.00 .00

I
z-tova sour. praveho konce hrid. : 183.00 [mm]

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 34

Prevedove prvky - zadani polohy

Souhmoti : 4.0 pocet zaberu : 2

c. oznaceni	I	sour. Z[mm]	uhel zaberu fi[deg]
1	9.10	I -50.00	360.00
2	6.05	I 67.50	180.00

Loziska - zadani polohy

Souhmoti : 4.0 pocet lozisek : 2
c. oznaceni I sour.Z[mm] podpera maz. uloz.

1	22317	I .00	.0	olej	ra)
2	22215	I 165.00	.0	olej	ra(

Obecna zatezna mista -zadani polohy

Souhmoti : 4.0 pocet OZM : 1

obecne zatizeni	I
sour. pusobiste :	-50.00 [mm] I
polom.pusobiste :	.00 [mm] I
uhel pusobiste :	.00 [deg] I

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 35

- VÝPOČTOVÉ ČLENĚNÍ NOSNEHO PROFILU SOUHMOTI

Souhmoti : 4.00

rez	Z[mm]	Dmax[mm]	Dmin[mm]	I ozn.	ZZM/OZM	I oznaceni	typ loziska
1	-90.0	75.0	.0	I			
2	-50.0	75.0	.0	I	9.10	obec.zat.	
3	.0	75.0	.0	I			
4	12.5	80.0	.0	I			
5	67.5	80.0	.0	I	6.05	valc.vne.	
6	92.5	90.0	.0	I			
7	102.5	80.0	.0	I			
8	165.0	75.0	.0	I			
9	183.0	.0	.0	I			

Prevodove prvky - popis

souhmoti : 4.00		pocet ZZM : 2
Zakl. zatezne m.:	1	I Zakl. zatezne m.: 2
oznaceni :	9.	I oznaceni : 6.
spojka		I celni kolo s vnejsim ozubenim
druh spojky : obecna spojka		I pocet zubu : 88. [-]
		I norm. modul : 4.00 [mm]
		I uhel zaberu zubu: 20.00 [deg]
		I uhel sklonu zubu: .00 [deg]
		I sklon zubu :
		I sirka kola : 50.00 [mm]
		I material : 14220.40
		I drsnost : 1.60
		I druh korekce : merny skluz
		I os.vzdal./j. kor: 220.00 [mm]/[-
		I presnost : 7 - 7 - 5 Dh/III
		I ucinnost : .98 [-]

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 36

LOZISKA - popis

souhmoti : 4.00			pocet lozisek : 2
lozisko :	1	I lozisko :	2
		I	
oznaceni :	22317	I oznaceni :	22215
vyrobce :	SKF	I vyrobce :	ZVL
soudeckove dvojrade		I soudeckove dvojrade	
		I	
vnitrni prumer :	85. [mm]	I vnitrni prumer :	75. [mm]
vnejsi prumer :	180. [mm]	I vnejsi prumer :	130. [mm]
sirka :	60. [mm]	I sirka :	31. [mm]
unosnost dyn. :	550000. [N]	I unosnost dyn. :	143000. [N]
unosnost stat. :	620000. [N]	I unosnost stat. :	191000. [N]
mezni otacky :	2500. [1/min]	I mezni otacky :	3200.
[1/min]			
koef. X1 :	1.00 [-]	I koef. X1 :	1.00 [-]
koef. Y1 :	1.90 [-]	I koef. Y1 :	3.00 [-]
koef. X2 :	.67 [-]	I koef. X2 :	.67 [-]
koef. Y2 :	2.80 [-]	I koef. Y2 :	4.40 [-]
koef. X0 :	1.00 [-]	I koef. X0 :	1.00 [-]
koef. Y0 :	1.80 [-]	I koef. Y0 :	2.90 [-]
koef. e :	.37 [-]	I koef. e :	.23 [-]
		I	

ZATIZENI V PREVODOVYCH PRVCICH

Souhmoti :	4.00			pocet ZMZ :	2
Z a d a n e	h o d n o t y				
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	otacky	doba behu
			[Nm]	[1/min]	[hod]
9.10	spojka	1.01	-1780.0	I 24.0	20000.0
		1.02	1200.0	I -24.0	20000.0
.....				I	
6.05	valc.vne.	1.01	1780.0	I	
		1.02	-1200.0	I	

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 37

ZATÍŽENÍ V OBECNÝCH ZÁTEŽNÝCH PRVCÍCH

Souhmoti : 4.00 pocet OZM : 1

oznaceni	typ	mst.zs	I	Fo	Fr	Fa
			I	[N]	[N]	[N]
1.00	obec.zat.	1.01	I	.0	140000.0	.0
		1.02	I	.0	100000.0	.0

SILY V PŘEVODOVÝCH PRVCÍCH

Souhmoti : 4.00 pocet ZMZ : 2

z a d a n e		h o d n o t y			v y p o c t e n e			h o d n o t y	
oznaceni	typ	mst.zs	Mk	I	Fo	Fr	Fa		
			[Nm]	I	[N]	[N]	[N]		
9.10	spojka	1.01	-1780.0	I	.0	.0	.0		.0
		1.02	1200.0	I	.0	.0	.0		.0
.....									
6.05	valc.vne.	1.01	1780.0	I	10113.6	3681.1	.0		.0
		1.02	-1200.0	I	-6818.2	2481.6	.0		.0

OBVODOVÉ RYCHLOSTI

zatez. místo	I	9.	I	6.	I
-----I-----I-----I					
obv.rych.[m/s]	I	.00	I	.44	I

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 38

REAKCE V LOZISKÁCH

Souhmoti : 4.00 pocet lozisek : 2

l o z i s k o			I v y p o c t e n e h o d n o t y			
oznaceni	typ	mst.zs I	Fx	Fy	Fr	Fa
		I	[N]	[N]	[N]	[N]
22317	r. soud.dr.	1.01I	180249.1	5976.2	180348.1	.0
		1.02I	128836.6	-4028.9	128899.6	.0
.....						
22215	r. soud.dr.	1.01I	-43930.1	4137.4	44124.5	.0
		1.02I	-31318.2	-2789.3	31442.2	.0

DEFORMACE v prevodovych prvcich

Souhmoti : 4.00 pocet ZMZ : 2

p r e v o d . p r v k y I			v y p o c t e n e h o d n o t y				
ozn.	typ	ms.zs I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni	natoceni
		I	ux[mm]	uy[mm]	uo[mm]	fio[rad]	fik[rad]
9.10	spojka	1.01I	-.665E-01	.205E-02	.666E-01	.151E-02	.000E+00
		1.02I	-.475E-01	-.139E-02	.475E-01	.108E-02	.000E+00
.....							
6.05	valc.vne.	1.01I	.292E-01	-.203E-02	.292E-01	.148E-04	-.743E-03
		1.02I	.208E-01	.137E-02	.209E-01	.103E-04	.501E-03

DEFORMACE v obecnych zateznych mistech

Souhmoti : 4.00 pocet OZM : 1

O Z M			I v y p o c t e n e h o d n o t y				
poradi	ms.zs I	I	pruhyb	pruhyb	pruhyb	natoceni	natoceni
		I	ux[mm]	uy[mm]	uo[mm]	fio[rad]	fik[rad]
1.	1.01	I	-.665E-01	.205E-02	.666E-01	.151E-02	.000E+00
	1.02	I	-.475E-01	-.139E-02	.475E-01	.108E-02	.000E+00

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 40

KONTROLA LOZISEK

Souhmoti : 4.00 pocet lozisek : 2

Dynamicka kontrola loziska 22317
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.09 [-]
Trvanlivost loziska : 43662. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 535736. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 104.17 [-]

Staticka kontrola loziska 22317
(vyrobce SKF)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 3.44 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pouze pro urcity druh provozu !
Lozisko staticky vyhovuje za klidu i pri vyraznem razovem zatizeni !

.....

Dynamicka kontrola loziska 22215J
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (dynamicky) loziska : 1.34 [-]
Trvanlivost loziska : 53614. [hod]
Potrebna unosnost pro loz. stejneho typu : 130970. [N]
Bezpecnost proti preotackovani : 133.33 [-]

Staticka kontrola loziska 22215J
(vyrobce ZVL)

Koeficient bezpecnosti (staticky) loziska : 4.33 [-]
Lozisko staticky vyhovuje pro vsechny druhy provozu .

Název:	Pojezd jeřábu	Stroj: Převodovka
Autor:	Vanda	03/09/15
	Vanda.dhl	List: 41

Souhmoti: 4.0 Spoj. prvek c.: 1
Prenos zatizeni od prev. prvku c.: 6

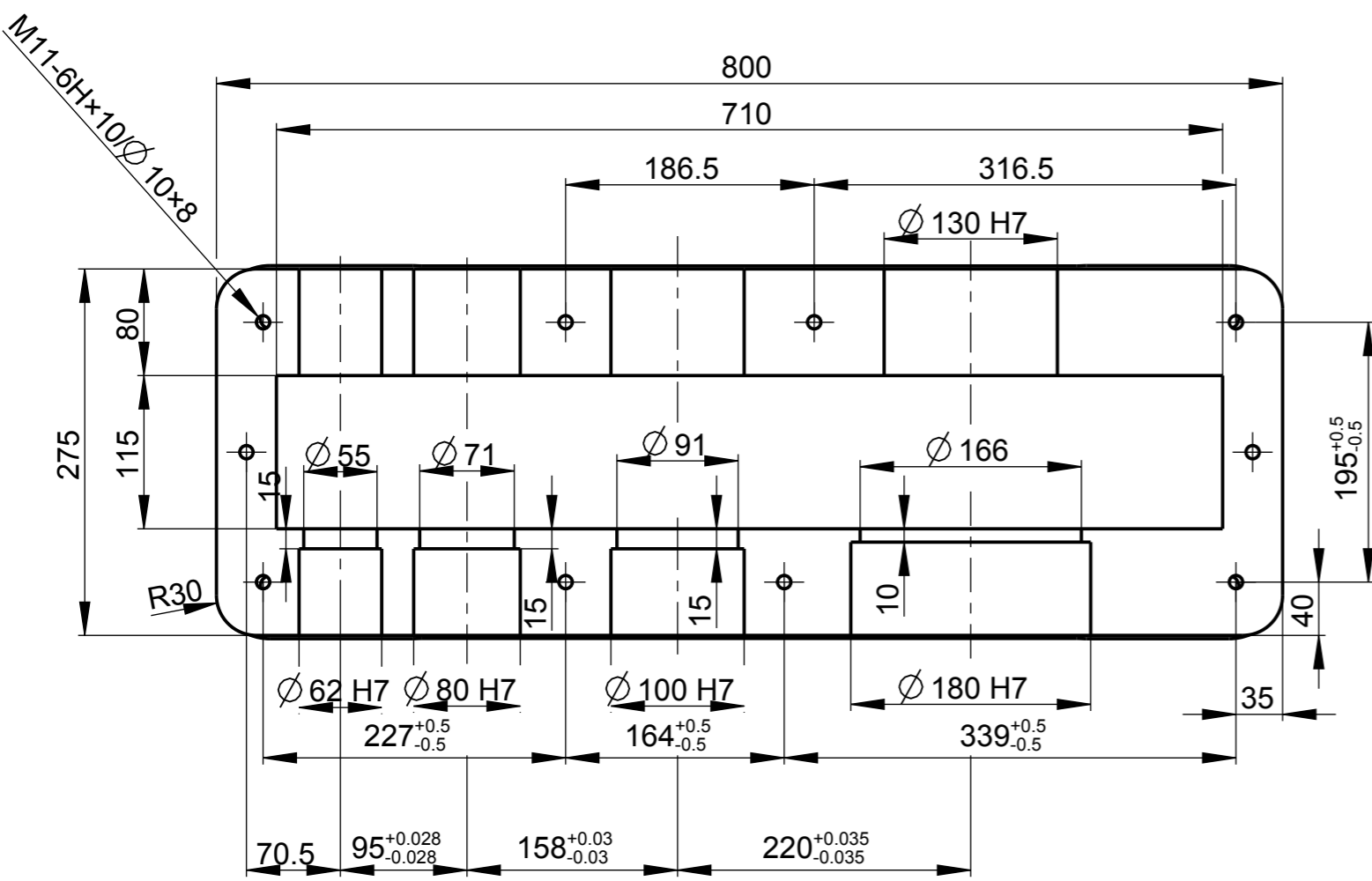
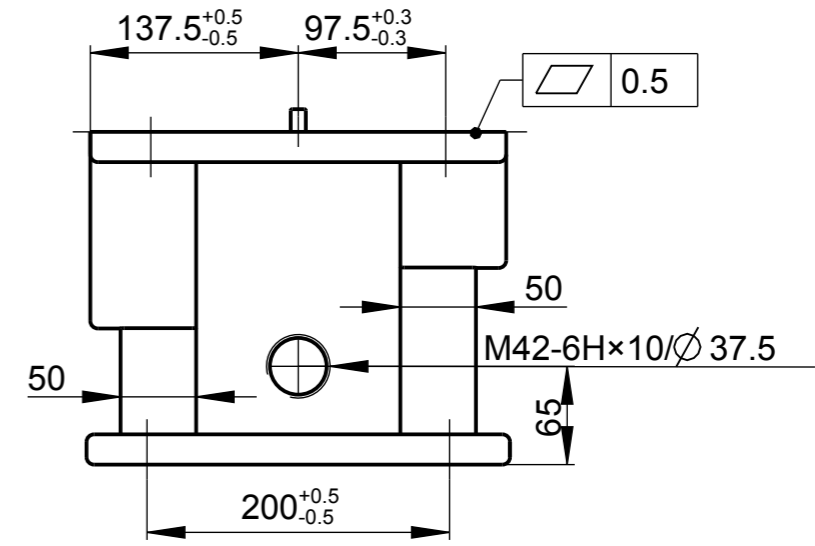
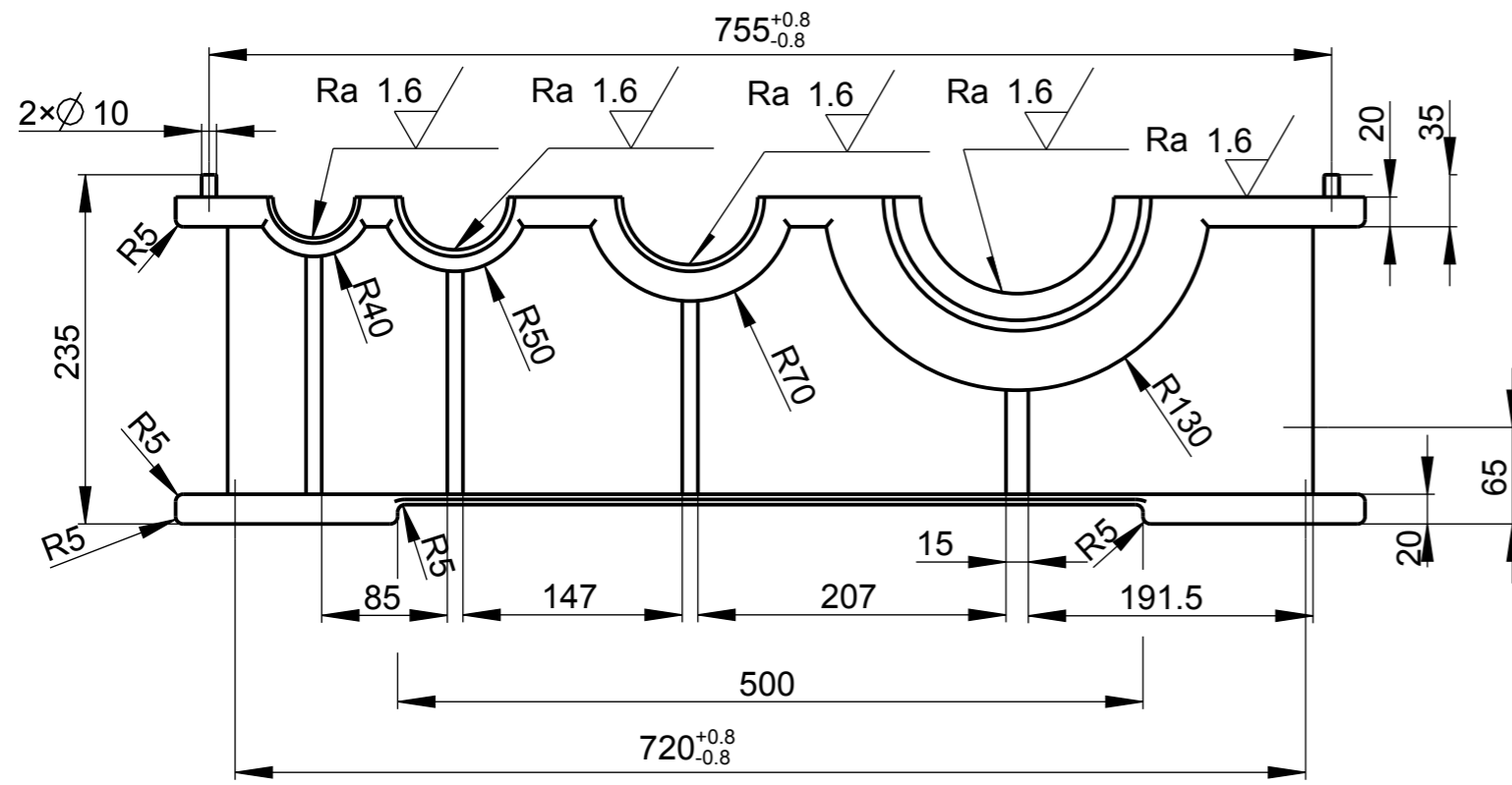
Pero

Rozmer pera b x h [mm] : 22 x 14
Delka pera l [mm] : 50
Pocet per n [-] : 1
Krutici moment Mk [Nm] : 1780.000
Prumer hridele d [mm] : 80.000
Tlak p [MPa]: 227.041
Dovoleny tlak pd [MPa]: 120.000
p : nevyhovuje

Navrhovana delka l [mm] : 74.976

Souhmoti: 4.0 Prev. prvek c.: 1
Oznaceni prevod. prvku: 9

obecna spojka : neni pocitana



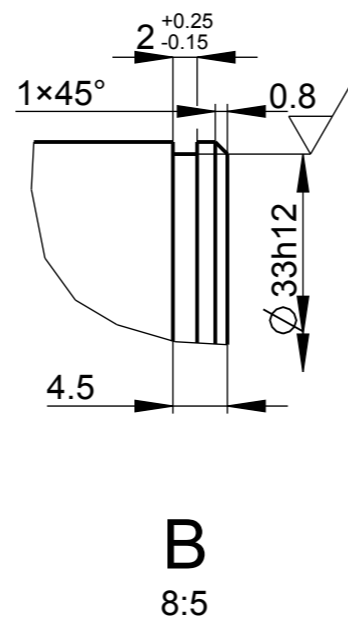
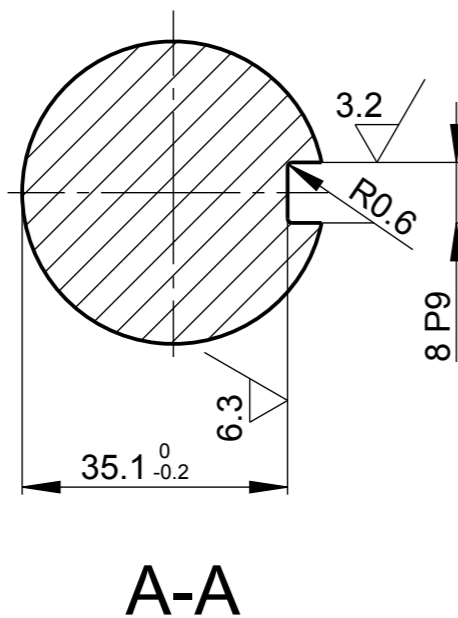
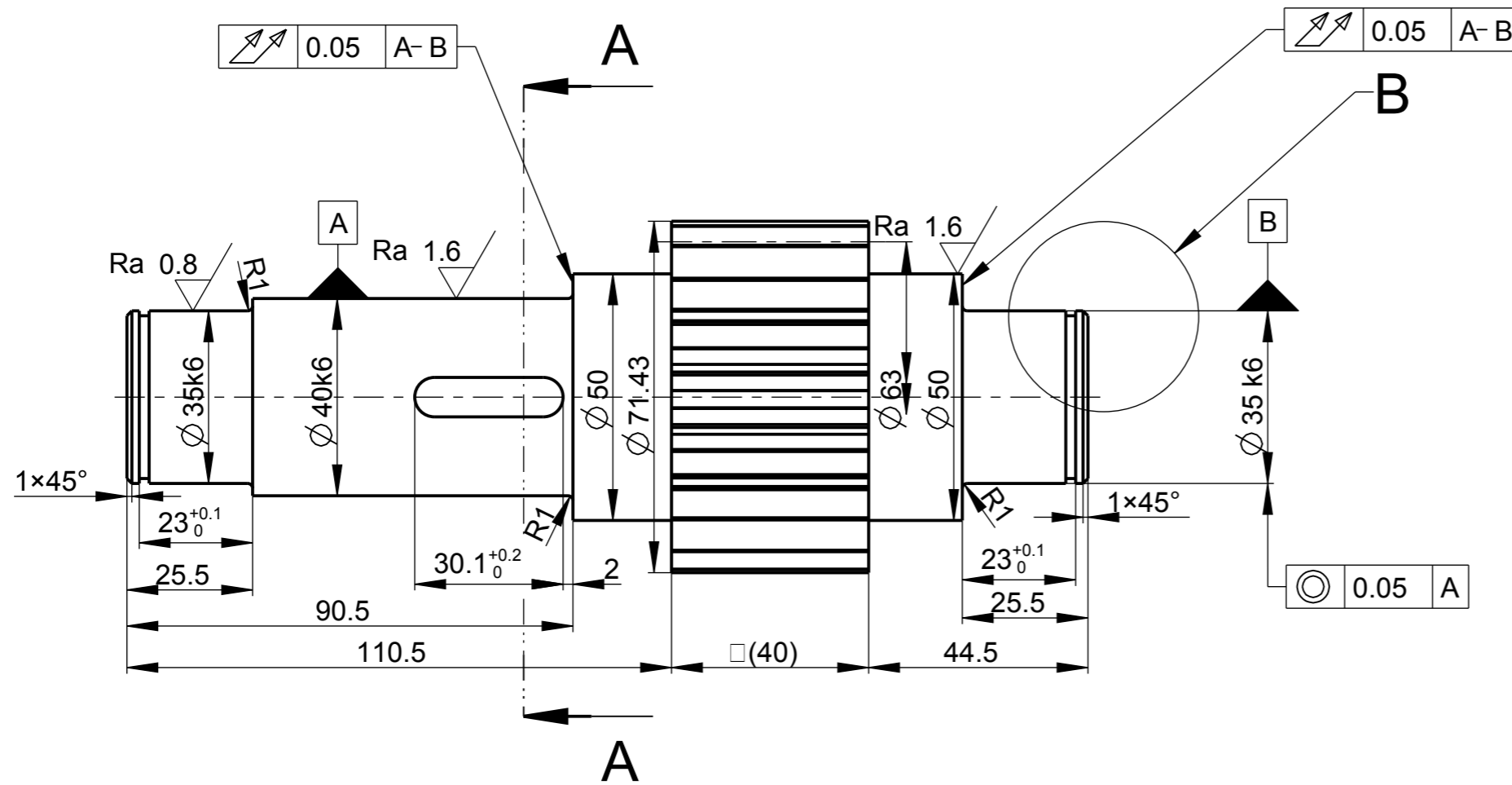
Ra 20 (Ra 1.6)

Nekotovaná tloušťka sten T10
 Otvory pro kolíky vrtat s protikusem
 Otvory pro díry ložisk vrtat s protikusem

1	800×300×200	Odlitek	422304	---	79.571	---	KKS-BP-2015-S01-001	1
Pocet kusu	Název - rozmer	Polotovary	Material konecny/výchozí	T.odp.	C .hmot.	Hr.hmot.	C .výkr. sestavy	Poz.
Quantity	Title - size	Blank	End material/Material		Weight	Raw weight	Drawing asm. No.	Pos.
Kresil /DWN	Datum	Jmeno/Name	Techno-log/ist	Datum	Name			
Prezk. /CHK			Prezk. /CHK					
Schval /APP			Schval /APP					
			index/No.	Schvalil/Appr.		popis zmeny/change	Datum	Podpis/Name

ZAPADOCESKA UNIVERZITA v Plzni
 Vsechna prava vyhrazena

Promítání: <input type="checkbox"/> metoda 1 ISO 128 Tolerance: <input type="checkbox"/> ISO 80015 Presnost: <input type="checkbox"/> ISO 2768 mK	Soubor- model/PART file PREVODOVKA_DNO_01 Soubor. vykres/DRW-file DNO_PREVODOVKY_01	Meritko 1:5	C.sestavy/ Assembly No. KKS-BP-2015-S01-001 Typ/Type
Název: Spodní část převodovky		ČÍSLO VYKRESU/DRAWING NO. KKS-BP-2015-02	
		Format 3	



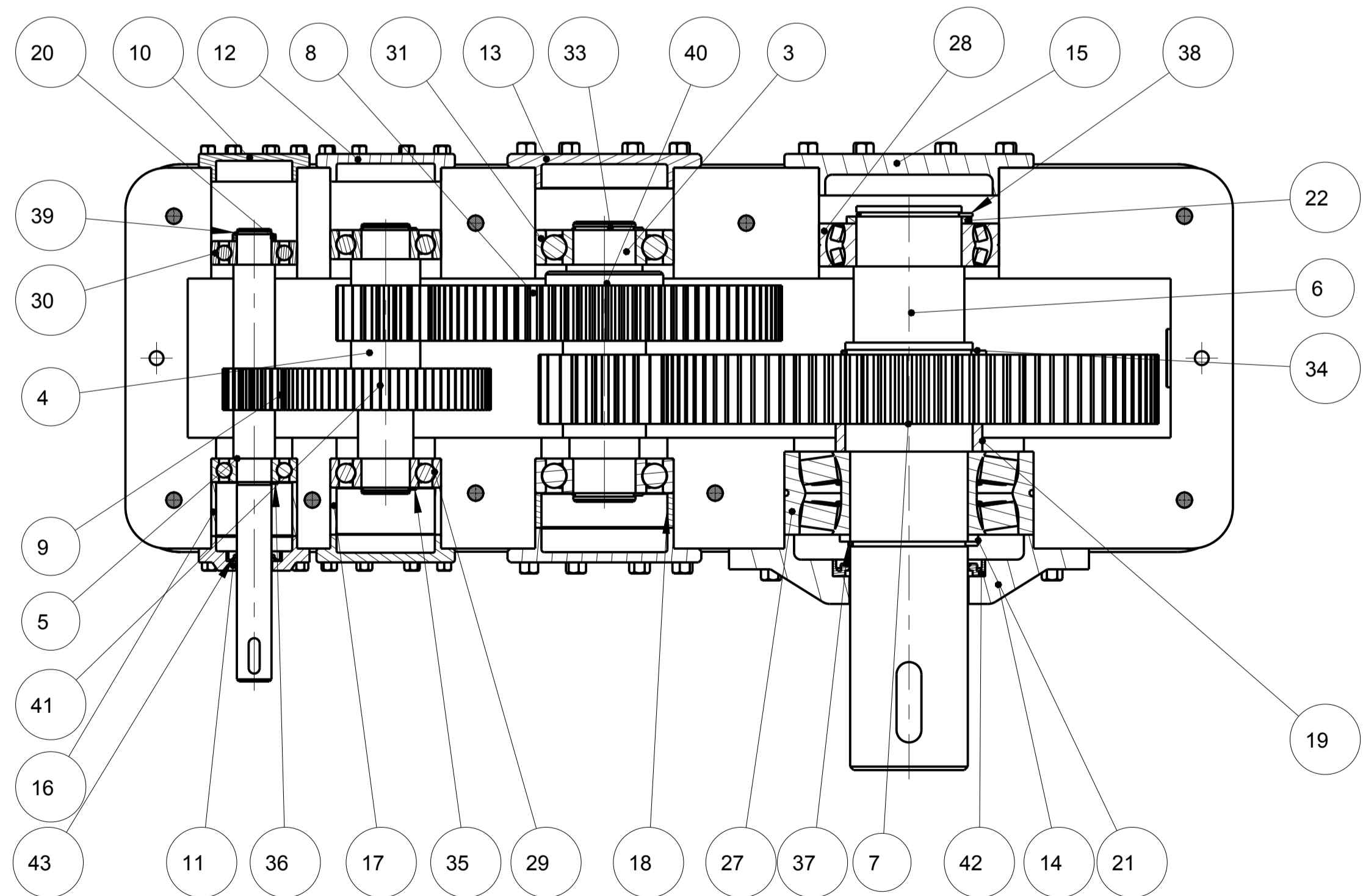
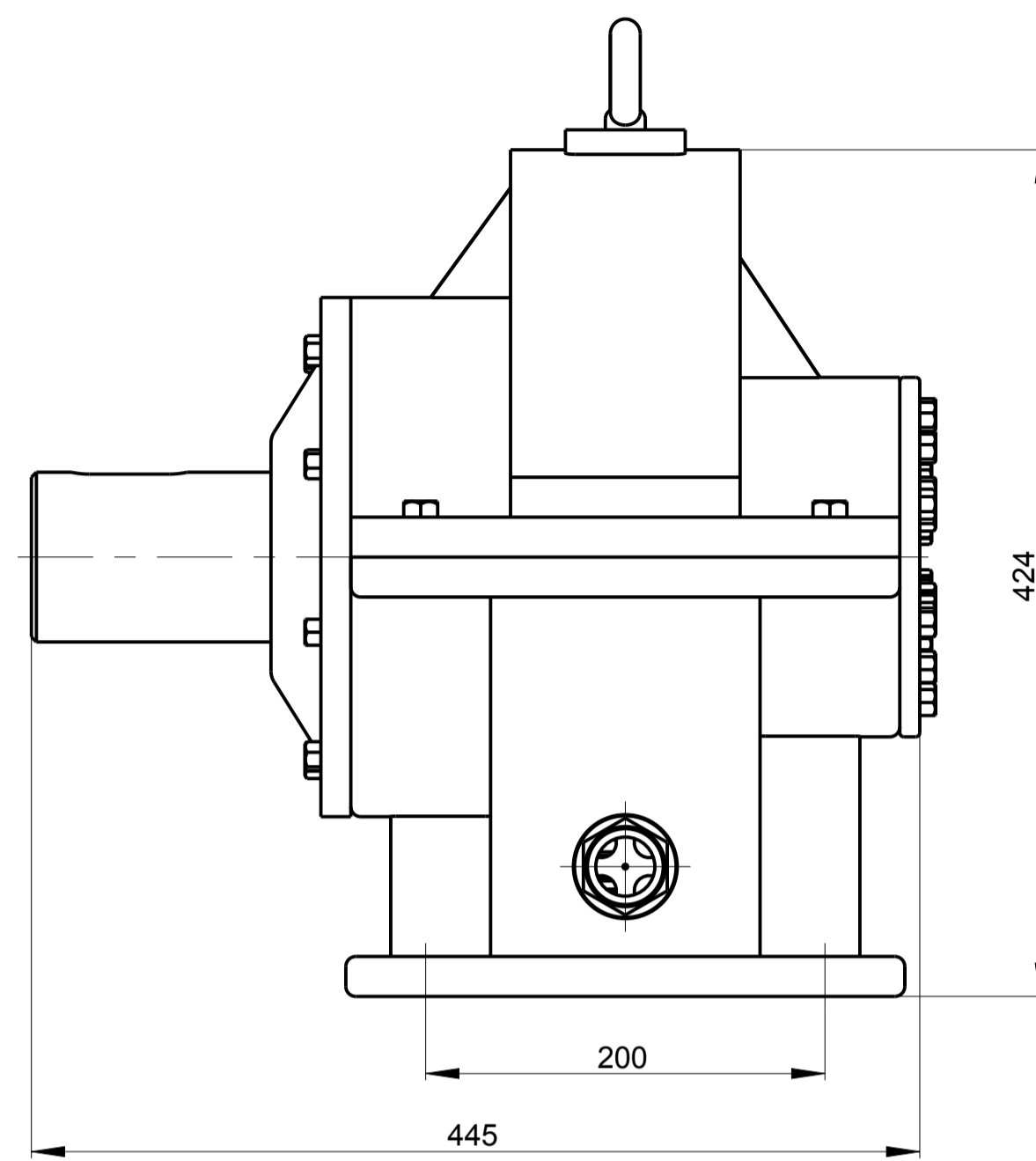
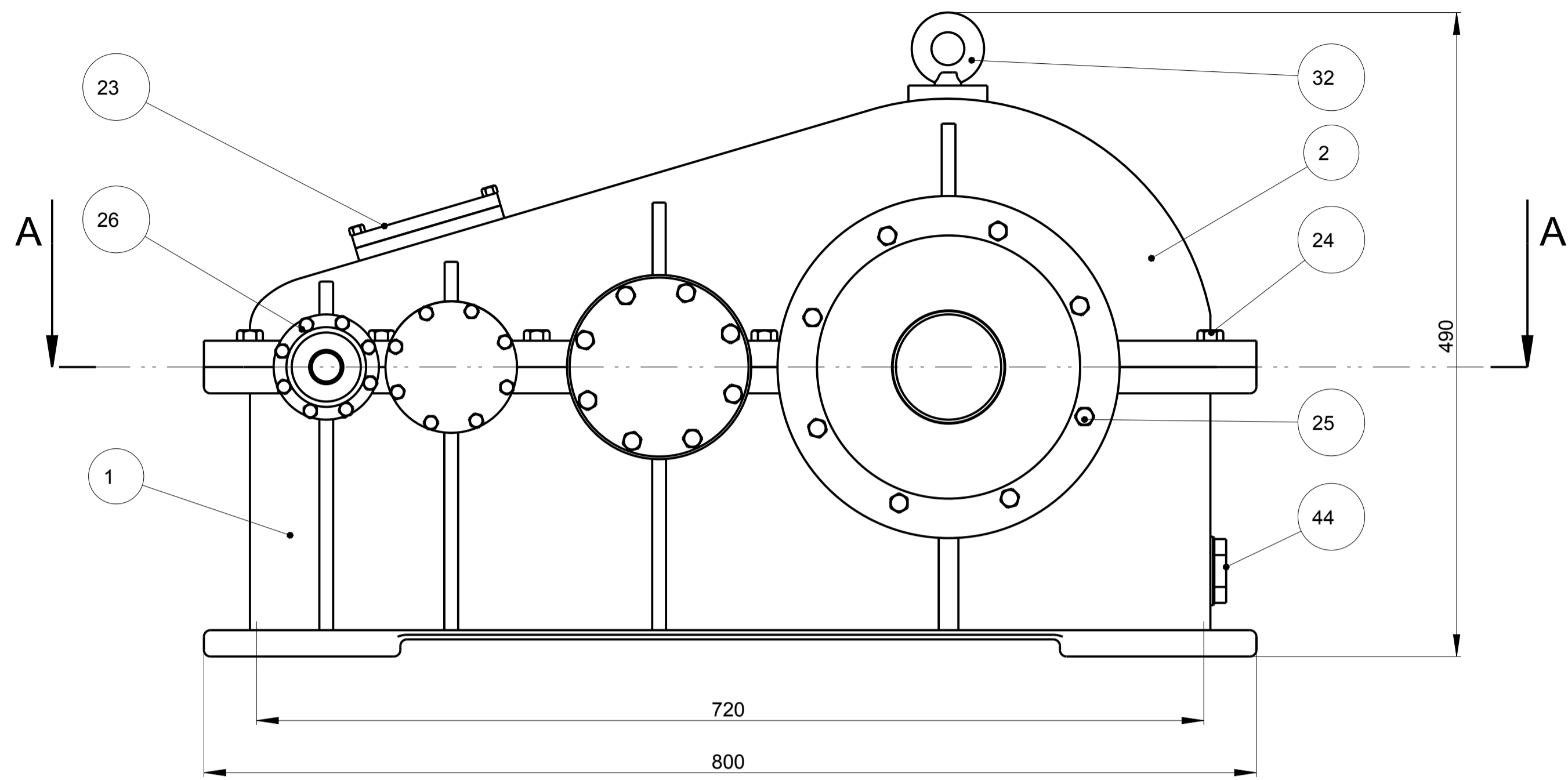
Ozubení	CELNÍ		
Zuby	prime		
Pocet zubu	z	21	
Nástroj	Modul	m	3.000
	Úhel profilu	a	20° 0' 0"
	Profil	CSN 01 4607	
	Výška hlavy nástroje	hxf	1.25×m= 3.75
Úhel sklonu boční krivky zubu	β	0° 0' 0"	
Smysl stoupaní bocny křivky zubu	-		
Jednotkové posunutí	x	0.4357	
Jednot. zmena tloušťky zubu	xt		
Stupen presnosti	ST SEV 641-77		
Kontrolní rozmer	Tloušťka zubu na tetive	sc	5.0-0.037 -0.080
	Výška hlavy zubu nad tetivou	hc	3.30
	Pres 3 zubu	W	23.92-0.035 -0.075
	Pres kulicky Ø4 mm	M	68.09-0.112 -0.170
Modul celní	mt	3.000	
Prumer základní kružnice	db	59.20	
Úhel sklonu boční krivky zubu na zakl. valci	βb	0° 0' 0"	
Osová vzdálenost	aw	158± 0.030	

CEMENTOV. KALENI HRC=58-60

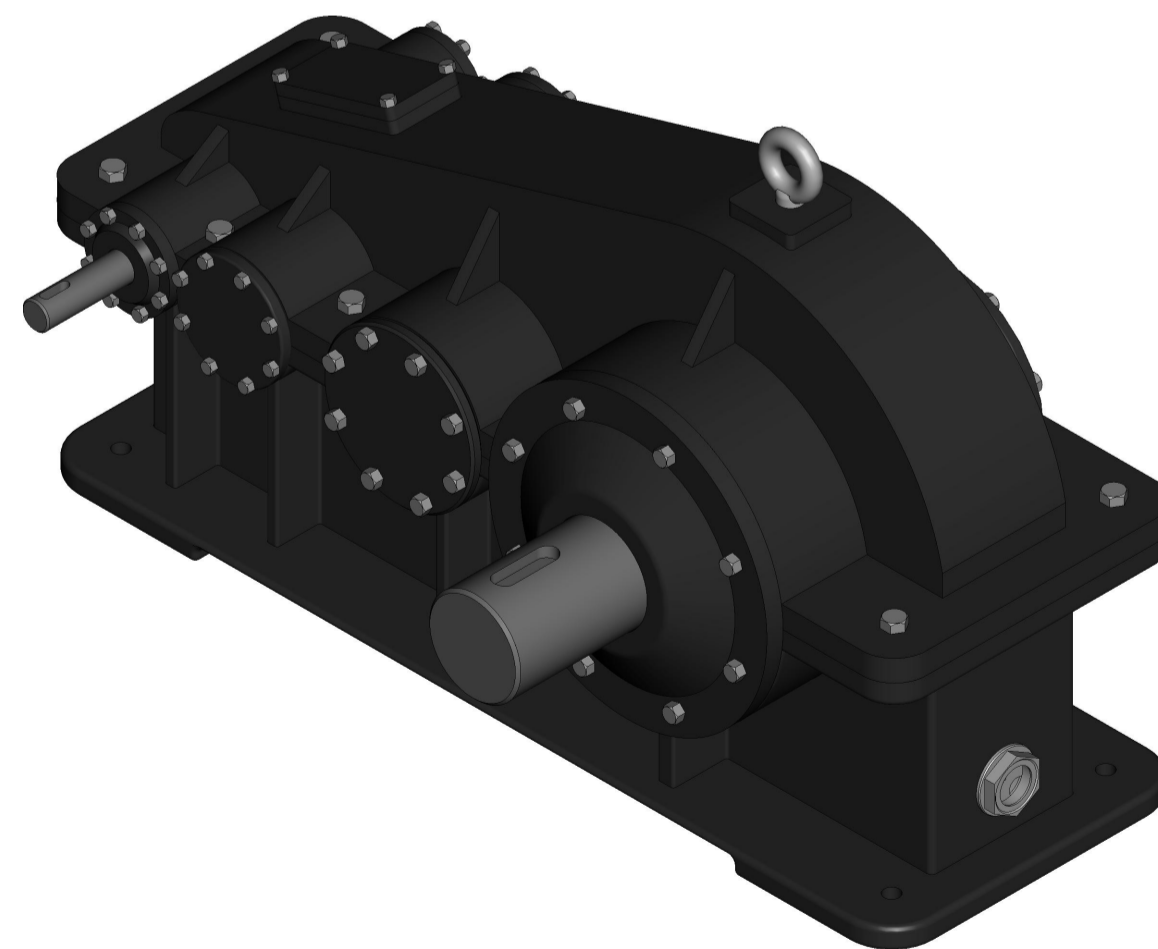
1	KR 60×200	CSN 42 5510	16 220.40	---	2.612	---	KKS-BP-2015-S01-001	4
Pocet kusu	Název - rozmer	Polotovary	Material konečný/výchozí	T.odp.	C .hmot.	Hr.hmot.	C .výkr. sestavy	Poz.
Quantity	Title - size	Blank	End material/Material		Weight	Raw weight	Drawing asm. No.	Pos.
	Datum	Jmeno/Name	Datum	Name				
Kresilil /DWN	19.04.2015	Vanda Marcel						
Prezk. /CHK								
Schval. /APP								
	index/No.	Schvalil/Appr.	popis zmeny/change		Datum	Podpis/Name		

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA v Plzni
Vsechna práva vyhrazena

Promítání: metoda 1 ISO 128 Tolerance: ISO 80015 Presnost: ISO 2768 mK	Soubor-model/PART-file Soubor.vykres/DRW-file	HRIZEL_Z3 HRIDEL_Z3	Meritko 1:1	C.sestavy/ Assembly No. KKS-BP-2015-S01-001 Typ/Type
Nazev HRIDEL Z3	CISLO VYKRESU/DRAWING NO KKS-BP-2015-03		Format 3	



A-A



1	Olejoznak sestihraný M 40	CSN 23 1480	---	0.106	----	44		
1	Gufero 25 - 40 - 7	DIN 3760	---	0.016	----	43		
1	Gufero 85 - 110 - 12	DIN3760	---	0.204	----	42		
1	Pero 8 e7x8x30	CSN 02 2562	---	0.014	----	41		
1	Pero 16 e7x10x40	CSN 02 2562	---	0.052	----	40		
1	Pojistný krouzek 25	CSN 02 2930	---	0.001	----	39		
1	Pojistný krouzek 70	CSN 02 2930	---	0.017	----	38		
1	Pojistný krouzek 120	CSN 02 2930	---	0.026	----	37		
1	Pojistný krouzek 25	CSN 02 2930	---	0.001	----	36		
2	Pojistný krouzek 35	CSN 02 2930	---	0.003	----	35		
1	Pojistný krouzek 75	CSN 02 2930	---	0.031	----	34		
2	Pojistný krouzek 45	CSN 02 2930	---	0.005	----	33		
1	Sroub zavěsný s okem M 20	CSN 02 1369	---	0.231	----	32		
2	Lozisko-6309	SKF	---	0.852	----	31		
2	Lozisko 6305	SKF	---	0.238	----	30		
2	Lozisko -6307	SKF	---	0.452	----	29		
1	Lozisko -22215	SKF	---	1.400	----	28		
1	Lozisko-22317	SKF	---	6.076	----	27		
37	Sroub se sestihr. hlavou M6x1.5x20	ISO 40107	---	0.008	----	26		
32	Sroub se sestihr. hlavou M8x1.5x25	ISO 40107	---	0.019	----	25		
9	Sroub se sestihr. hlavou M12x1.5x40	ISO 40107	---	0.045	----	24		
1	Kryt oleja OBD 65x10-115	CSN 42 5522.11	12050	0.576	KKS-2015-23	23		
1	Opěrný krouzek TR KR 90x15-5	CSN 42 5715.01	11 353.1	0.076	KKS-2015-22	22		
1	Opěrný krouzek TR KR 100x15-5	CSN 42 5715.01	11 353.1	0.085	KKS-2015-21	21		
1	Opěrný krouzek TR-TR KR 31x6-5	CSN 42 5715.01	11 353.1	0.010	KKS-2015-20	20		
1	Trubka_4 TR KR 106x14-20	CSN 42 671.01	11 353.1	0.341	KKS-2015-19	19		
1	Trubka_3 TR KR 100x9-25	CSN 42 671.01	11 353.1	0.284	KKS-2015-18	18		
1	Trubka_2 TR KR 80x9-34	CSN 42 671.01	11 353.1	0.284	KKS-2015-17	17		
1	Trubka_1 TR KR 62x7-39	CSN 42 671.01	11 353.1	0.196	KKS-2015-16	16		
1	Viko_hr_4_P Ø 180x30	CSN EN 10060	12050	2.702	KKS-2015-15	15		
1	Viko_hr_4_L Ø 260x50	CSN 42 5715.01	11353.1	7.383	KKS-2015-14	14		
2	Viko_hr3 Ø 140x25	CSN EN 10060	12050	1.189	KKS-2015-13	13		
2	Viko_hr_2 Ø 100x20	CSN EN 10060	12050	0.584	KKS-2015-12	12		
1	Viko_hr_1_L Ø 80x25	CSN EN 10060	12050	0.404	KKS-2015-11	11		
1	Viko hřidel 1_P Ø 80x25	CSN EN 10060	12050	0.332	KKS-2015-10	10		
1	Ozubené kolo z3 KR 145x30	CSN 42 5510	14 220.40	3.681	KKS-2015-09	9		
1	Ozubené kolo_z4 KR 243x40	CSN 42 5510	14 220.40	14.809	KKS-2015-08	8		
1	Ozubené kolo z6 KR 343x50	CSN 42 5510	14 220.40	35.261	KKS-2015-07	7		
1	Hřidel_z6 KR 90x410	CSN 42 5510	16 220.40	18.244	KKS-2015-06	6		
1	Hřidel_z1 KR 46 x 345	CSN 42 5510	16 220.40	1.617	KKS-2015-05	5		
1	Hřidel_z3 KR 60x200	CSN 42 5510	16 220.40	2.612	KKS-2015-04	4		
1	Hřidel_z5 KR 78x200	CSN 42 5510	16 220.40	4.656	KKS-2015-03	3		
1	Horní část skřine 800x275x215	Odlitek	422304	48.797	KKS-2015-02	2		
1	Spodní část skřine 800x275x220	Odlitek	422304	79.375	KKS-2015-01	1		
Pocet kusů / Quantity	Název - rozmer / Title - size	Polotovary / Blank	Material konečný / vychozí / Material	T.odp.	C.hmot. / Weight	Hr.hmot. / Raw weight	C.íslo výkresu / Drawing No.	Poz. / Pos.
Kresil / DWN	Datum	Jmeno/Name	Datum	Name				
Prek./CHK	16.05.2015	Marcel VANDA						
Schvál./APP								
	indexNo.	Schvál./Appr.	ppcis zmeny/change	Datum	Podpis/Name			
ZAPADOCESKA UNIVERZITA v Plzni Všechna práva vyhrazena								
Promítání: metoda 1 ISO 129 Tolerance: ISO 80015 Presnost: ISO 2768 mk	Soubor- model/PART-file PREVODOVKA Soubor.vykres/DRW-file PREVODOVKA_A-01	Meritko 1:5	C.sestavy/ Assembly No. KKS-BP-2015-S01-001					
Název: Prevodovka			CISLO VYKRESU/DRAWING NO. KKS-BP-2015-01		Format 1			