

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## ŘETĚZOVÝ POSUNOVAČ

CREEPER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MATEJ DANO

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Matej Dano

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Řetězový posunovač**

v anglickém jazyce:

### **Creeper**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte výpočet a konstrukční řešení řetězového posunovače pro technologickou výrobní linku dle zadaných parametrů:

Tažná síla                    8000N  
Rychlosti pojezdu        0,05/0,1m.s-1

Cíle bakalářské práce:

Vypracujte technickou zprávu s rozbohem a s výpočtem navrhovaného řešení, s popisem mezních možností řetězových převodů a různých typů řetězů.

Nakreslete sestavný výkres zařízení, podstavu pohonu.

Seznam odborné literatury:

1. Ondráček,E., Vrbka,J., Janíček,P. : Mechanika těles - pružnost a pevnost II VUT Brno, 1988.
2. Jančík, L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
3. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
4. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.
5. Gajdůšek, J., Škopán, M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno 1988.
6. Dražan,F. a kol.: Teorie a stavba dopravníků.
7. Kolář, D. a kol.: Části a mechanismy strojů.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 17.11.2011

L.S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Táto bakalárska práca sa zaoberá konštrukčným riešením reťazového posunovača pre technologickú výrobnú linku. Práca obsahuje technickú správu s rozborom a s výpočtom navrhovaného riešenia a popis medzných možností reťazových prevodov a rôznych typov reťazí. Súčasťou je aj výkresová dokumentácia a to výkres zariadenia, pohon a výrobný výkres.

## **KLÍČOVÉ SLOVÁ**

reťazový posunovač, reťaz, pohon, reťazové koleso

## **ABSTRACT**

This bachelor project deals with design solution of the creeper for technological production line. The project includes technological note with analysis and calculation of the proposed solution and description of other possibilities of the chain gearings including various chain types. The part is also design drawings, such as the drawing of machine, traction and manufacturing drawing.

## **KEYWORDS**

creeper, chain, engine, chain wheel



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

DANO, M. *Řetězový posunovač*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 39 s. Vedúcí diplomovej práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..



## ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojim pôvodným dielom, spracoval som ju samostatne pod vedením doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dne 25. mája 2012

Matej Dano



## **POĎAKOVANIE**

Ďakujem môjmu vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D. za odborné rady, ktoré som použil pri vypracovaní tejto práce. Ďalej ďakujem svojej rodine za podporu pri štúdiu na vysokej škole.



## OBSAH

Úvod .....	10
1 Medzné možnosti reťazových prevodov .....	11
1.1 Reťazové prevody .....	11
1.2 Reťaze .....	11
1.2.1 Puzdrová reťaz .....	12
1.2.2 Valčeková reťaz .....	12
1.2.3 Ewartova reťaz .....	13
1.2.4 Čapová reťaz .....	13
1.2.5 Zubová reťaz .....	13
1.2.6 Lamelová reťaz .....	14
1.2.7 Článková reťaz .....	14
1.2.8 Gallova reťaz .....	15
1.2.9 Flyerova reťaz .....	15
2 Návrh reťazového posunovača .....	16
2.1 Voľba pohon .....	16
2.1.1 Voľba motora .....	16
2.1.2 Voľba prevodovky .....	17
2.1.3 Voľba reťaze .....	18
2.2 Výpočet základných parametrov pohonu .....	18
2.2.1 Otáčky hnacieho hriadeľa .....	18
2.2.2 Obvod hnacieho reťazového kolesa .....	19
2.2.3 Počet zubov hnacieho reťazového kolesa .....	19
2.2.4 Základné rozmery hnacieho reťazového kolesa .....	19
2.2.5 Skutočná rýchlosť pojazdu .....	22
2.2.6 Obvodová sila .....	22
2.3 Pevnostná kontrola reťaze .....	23
2.3.1 Stanovenie celkového zaťaženia reťaze .....	23
2.3.2 Stanovenie statického bezpečnostného súčiniteľa .....	23
2.3.3 Stanovenie dynamického bezpečnostného súčiniteľa .....	23
2.3.4 Stanovenie tlaku v kĺbe reťaze .....	24
2.4 Kontrola sily na výstupnom hriadeli prevodovky .....	25
2.5 Návrh vratného reťazového kolesa .....	26
2.5.1 Základné rozmery vratného reťazového kolesa .....	26
2.5.2 Voľba a kontrola ložísk vratného reťazového kolesa .....	28
3 Hlavné časti reťazového posunovača .....	31





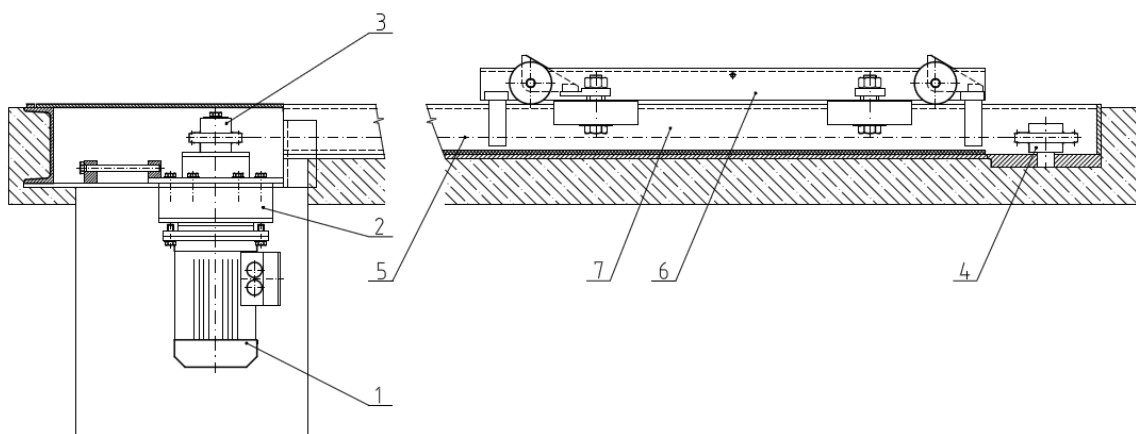
---

3.1	Pohon .....	31
3.2	Hnacie reťazové koleso.....	31
3.3	Vratné reťazové koleso .....	31
3.4	Pomocný vozík .....	32
3.5	Dráha.....	32
	Záver.....	33
	Zoznam použitých skratiek a symbolov .....	36
	Zoznam príloh .....	39



## ÚVOD

Cieľom tejto bakalárskej práce je vypracovanie technickej správy reťazového posunovača s rozborom a výpočtom navrhovaného riešenia. Ďalej sa v nej popisujú medzné možnosti reťazových prevodov a rôznych typov reťazí. Navrhovaný reťazový posunovač slúži k jednosmernému posúvaniu pecných vozov po koľajniciach na dráhe 10m. Základ posunovača tvorí hnacia a vratná stanica. Stanice sú spojené dráhou po ktorej sa posúva pomocný vozík. Ten pri pracovnom chode pomocou palcov opretých o tlačné dosky vozu tlačí pecný voz, pri spätnom chode sa palce preklopia a pomocný vozík prejde popod pecný voz.



Obr. 1 Schéma reťazového posunovača

### Popis:

1. Elektromotor
2. Prevodovka
3. Hnacie reťazové koleso
4. Vratné reťazové koleso
5. Reťaz
6. Pomocný vozík
7. Dráha



# 1 MEDZNÉ MOŽNOSTI REŤAZOVÝCH PREVODOV

## 1.1 REŤAZOVÉ PREVODY

Pri reťazových prevodoch sa výkon prenáša z hnacieho kolesa na reťaz a z nej na hnané reťazové koleso. Prenos sa uskutočňuje tvarovou väzbou, takže nedochádza ku sklzu a stredná hodnota prevodového pomeru je konštantná.

### Výhody reťazových prevodov:

- prevod bez sklzu
- vysoká účinnosť
- možnosť pohonu viacerých rovnobežných hriadel'ov jednou reťazou
- menšie namáhanie hriadel'ov a ložísk – nevyžaduje si predpätie
- odolnosť voči ťažkému pracovnému prostrediu
- vysoká životnosť

### Nevýhody reťazových prevodov:

- pomerne vysoká cena
- požiadavky na vysokú presnosť montáže
- nerovnomerný chod pri použití malého počtu zubov reťazového kolesa
- potreba nastaviteľnej osovej vzdialenosti (napínanie)
- hlučnosť chodu – hlavne pri vysokých rýchlostiach

**Použitie:** pri poľnohospodárskych strojoch, vozidlách, zdvíhadlách, ako unášacie elementy pri transportéroch, pohyblivých schodištiach

## 1.2 REŤAZE

### Typy hnacích reťazí:

- puzdrová
- valčeková
- Ewartová
- čapová
- zubová
- lamelová

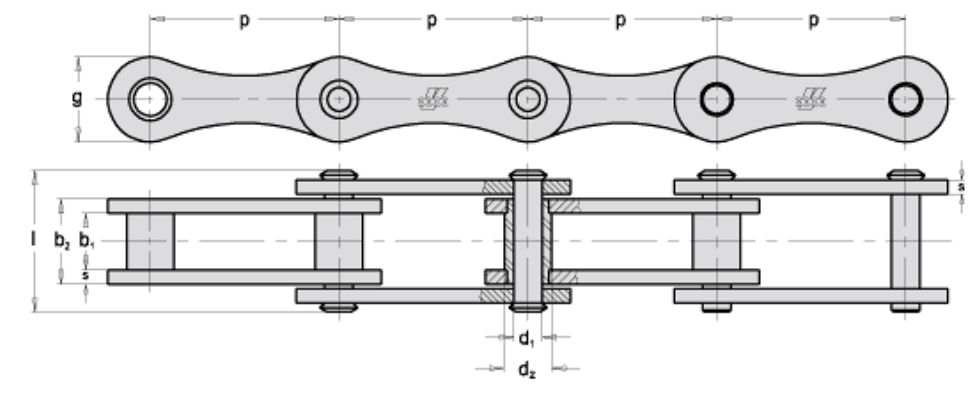
### Typy zdvíhacích reťazí:

- článková
- Gallova
- Flyerova



### 1.2.1 PUZDROVÁ REŤAZ

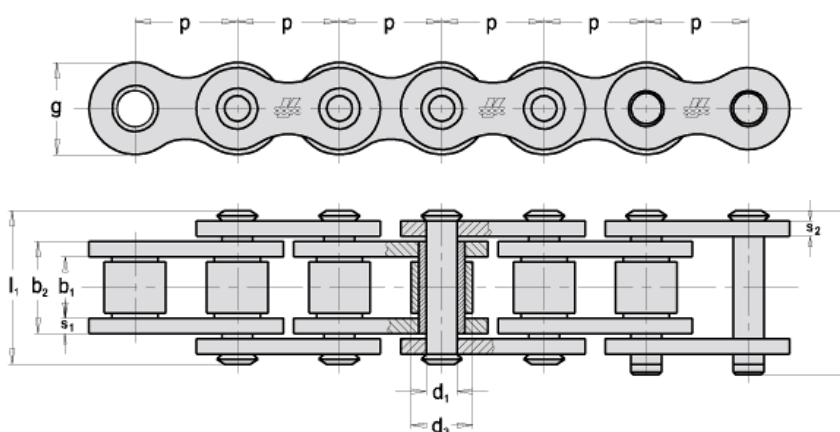
Puzdrová reťaz je hnací alebo ťažný prvok. Je vytvorený na potrebnú dĺžku z vnútorných a vonkajších článkov, ktoré sú navzájom pohyblivé v jednej rovine. Pásky (platničky) vnútorných článkov sú spolu pevne spojené oceľovými puzdrami, ktorých konce sú do vnútorných pásov zalisované. Čapy vonkajších článkov sú v puzdrách otočné. Osadené konce čapov sú zalisované do vonkajších pásov a sú roznitované. Tieto reťaze môžu prenášať väčšie zaťaženie a sú odolnejšie proti opotrebeniu. Čapy aj puzdrá sú kalené. Používajú sa ako prepravné alebo pohonné reťaze v zhoršených pracovných podmienkach.



Obr. 2 Puzdrová reťaz [13]

### 1.2.2 VALČEKOVÁ REŤAZ

Valčeková reťaz má podobnú konštrukciu ako puzdrová reťaz. Na puzdrách vnútorných článkov je voľne navlečený otočný valček slúžiaci k zmenšeniu trenia medzi reťazou a zubmi reťazového kola a zníženie hlučnosti. Čapy, puzdrá a valčky sú kalené. Valčeková reťaz je určená na prenos ťažných síl aj pri vysokých rýchlostiach.

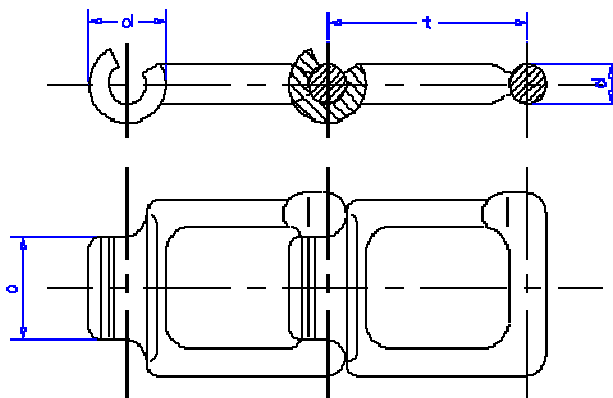


Obr. 3 Valčeková reťaz [13]



### 1.2.3 EWARTOVA REŤAZ

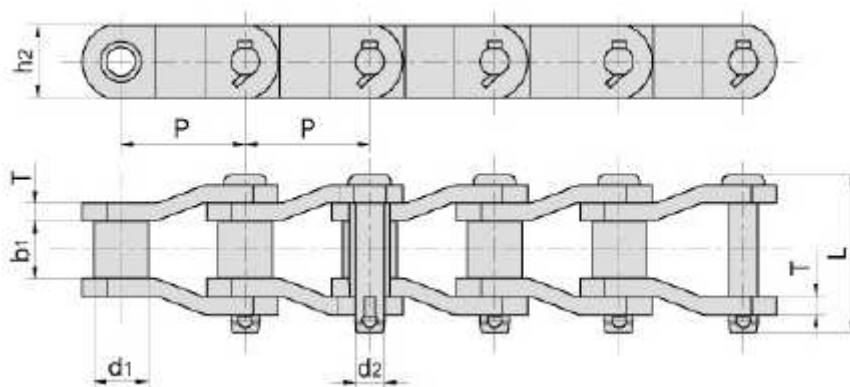
Ewartova reťaz sa skladá z uzavretých článkov z temperovanej liatiny. Na jednej strane článku je valcovitý čap, na druhej strane hákovitá objímka, ktorú možno pod určitým uhlom nasunúť z boku na čap ďalšieho článku (ľahká montáž a demontáž). Reťaz je ohybný a pevný, odolný voči teplu a vlhkosti. Používa sa pre ľahšie nenáročné pohony s obvodovou rýchlosťou do  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Je pomerne hlučná.



Obr. 4 Ewartova reťaz [17]

### 1.2.4 ČAPOVÁ REŤAZ

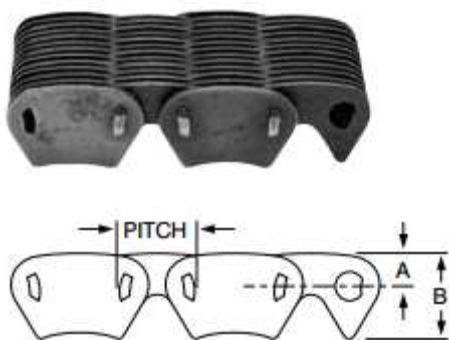
Čapová reťaz sa skladá z článkov z temperovanej liatiny ktoré sú navzájom spojené oceľovými čapmi. Sú presnejšie ako Ewartove, vhodné pre vyššie rýchlosti a zaťaženia.



Obr. 5 Čapová reťaz [11]

### 1.2.5 ZUBOVÁ REŤAZ

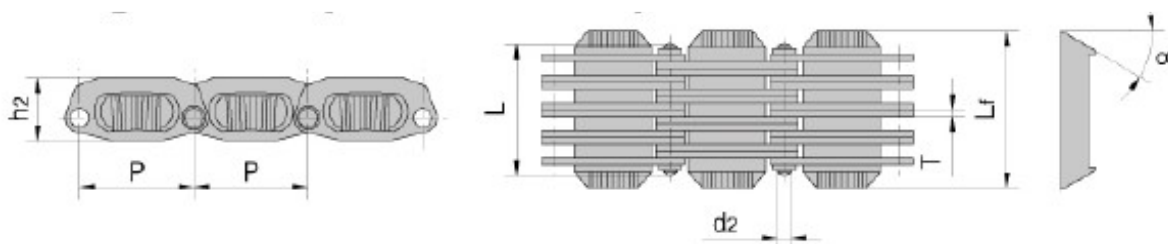
Zubová reťaz sa skladá z oceľových pásov s dvoma zubmi, ktoré sú striedavo navlečené na kalené oceľové čapy. Na bokoch alebo uprostred sú vložené vodiace pásy, ktoré zabezpečujú polohu reťaze na kolese. Používajú sa pri vysokých obvodových rýchlostiach až do  $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , bežia potíchu. Vzhľadom k ich vyššej hmotnosti treba počítať s vyššou odstredivou silou.



Obr. 6 Zubová reťaz [12]

### 1.2.6 LAMELOVÁ REŤAZ

Lamelová reťaz sa skladá z niekoľkých radov oceľových pásov, ktoré sú striedavo navlečené na kalené čapy. Do pásov sú vložené oválne puzdrá, v ktorých sú uložené klinové lamely s nosom na obidvoch stranách. Používajú sa pri reťazových variátoroch, kde lamely zaberajú svojimi nosmi do radiálnych drážok kužeľových kotúčov.



Obr. 7 Lamelová reťaz [10]

### 1.2.7 ČLÁNKOVÁ REŤAZ

Článková reťaz sa vyrába spravidla s dlhými alebo krátkymi zváranými článkami. Môžu byť kalibrované alebo nekalibrované. Nekalibrované reťaze sa používajú len na viazanie bremien. Kalibrované reťaze sa používajú ako zdvíhacie elementy pri kladkostrojoch a menších mačkách žeriavov. Sú hlučné a menej trvanlivé, vhodné do ťažkého pracovného prostredia a pre rýchlosti do  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

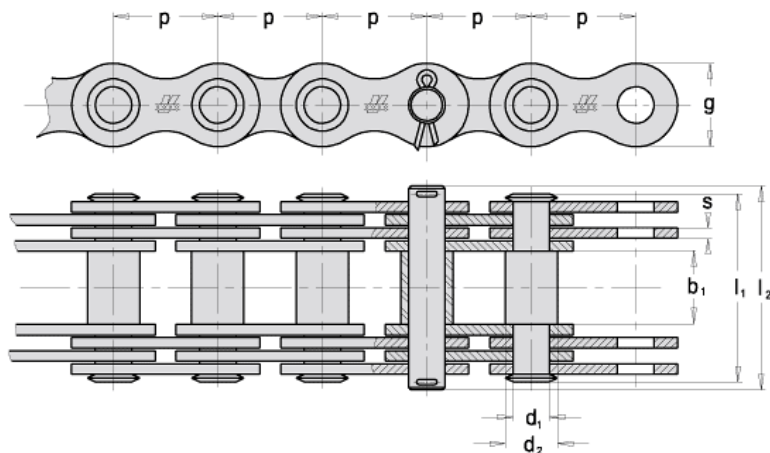


Obr. 8 Článková reťaz [14]



### 1.2.8 GALLOVA REŤAZ

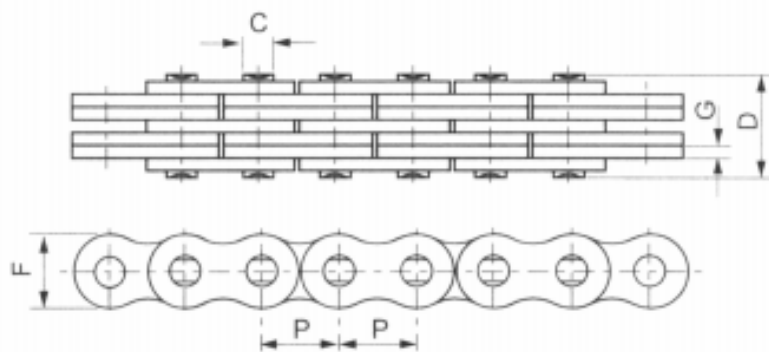
Gallova reťaz má na čapoch striedavo navlečené vnútorné a vonkajšie pásy (platničky). Pásy sú na čapoch otočné. Čap s vonkajšími pásmi tvorí vonkajší článok, čap s vnútornými pásmi tvorí vnútorný článok. Na jeden článok pripadá 2 až 10 pásov. Gallove reťaze môžu byť nerozoberateľné alebo rozoberateľné. Používajú sa pre veľké zaťaženia a malé rýchlosti, na zdvíhanie a prenos bremien pri kladkostrojoch, žeriavoch, nákladných výťahoch a podobne.



Obr. 9 Gallova reťaz [13]

### 1.2.9 FLYEROVA REŤAZ

Flyerova reťaz má dobrú odolnosť voči opotrebeniu ale má aj väčšiu hmotnosť. Je to nosná reťaz používaná k zmene smeru sily. Používa sa na stožiaroch vysokozdvížných vozíkov, zdvíhacích a vyrovnávacích zariadeniach, upevnenie vyvažovacích strojov, výťahy.



Obr. 10 Flyerova reťaz [15]

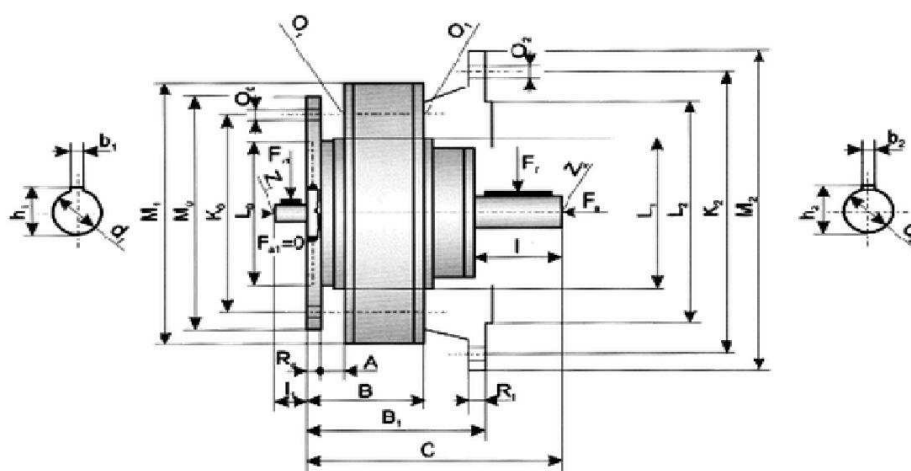






### 2.1.2 VOĽBA PREVODOVKY

Je volená jednostupňová excentrická planétová prevodovka s výstupným valcovým hriadeľom. Typ EC BOX vyrábaný firmou STROJÍRNA KUKLENY. Táto prevodovka je špeciálny typ diferenciálneho planétového prevodu s relatívnym pohybom satelitu na excentrickom výstupnom hriadeľi prevodovky. Je charakteristická malými rozmermi, malým počtom súčastí, malým množstvom mazacej náplne a tichým chodom. Jej účinnosť je  $\eta_p = 0,98$  a prevodový pomer  $i = 83$ . Katalógové označenie je EC V/83.



Obr. 12 Prevodovka [2]

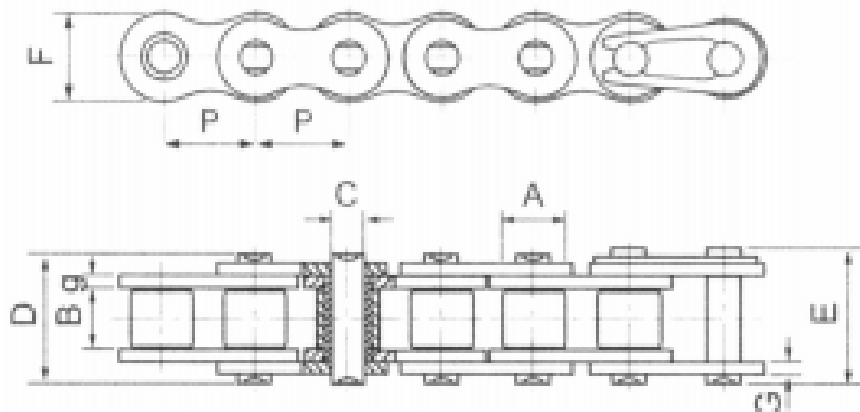
Tabuľka 2 Rozmery prevodovky [2]

Rada	$d_1$ H7	$d_2$ K6	$h_1$	$h_2$	$b_1$ P9	$b_2$ P9	$M_0$	$M_1$
V	28	55	30,9	58,8	8	16	250	270
$M_2$	$K_0$	$K_2$	$L_0$ H7	$L_1$ F7	$L_2$ F7	I	$O_0$ 4X	$O_1$ 6X
360	215	320	180	180	280	82	M14	M12
$O_2$ 4X	A	B	$B_1$	C	Z	$R_0$	$R_1$	olej (L)
18	20	125	175	257	M16x20	12	12	0,45



### 2.1.3 VOĽBA REŤAZE

Volený je jednoradový valčekový reťaz 24-B1, ČSN 02 3311. Výrobca je MARO SLOVAKIA spol. s.r.o.



Obr. 13 Valčeková reťaz [3]

Tabuľka 3 Rozmery valčekovej reťaze [3]

ISO	P(mm)	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)
24B-1	38,10	25,40	25,40	14,63	53,40
E(mm)	g(mm)	F(mm)	F <sub>B</sub> (kN)	F <sub>P</sub> (kN)	Q(kg/m)
57,80	6,00	33,20	160	178	7,10

## 2.2 VÝPOČET ZÁKLADNÝCH PARAMETROV POHONU

### 2.2.1 OTÁČKY HNACIEHO HRIADEĽA

#### Pracovný chod

$$n_{1P} = \frac{n_{M8}}{i} = \frac{750}{83} \quad (2)$$

$$n_{1P} = 0,1506s^{-1}$$



### Spätný chod

$$n_{1s} = \frac{n_{M4}}{i} = \frac{1500}{83} = \frac{60}{83} \quad (3)$$

$$n_{1s} = 0,3012 s^{-1}$$

### 2.2.2 OBVOD HNACIEHO REŤAZOVÉHO KOLESA

$$o_1 = \frac{v}{n_{1p}} = \frac{0,05}{0,1506} \quad (4)$$

$$o_1 = 322 \text{ mm}$$

### 2.2.3 POČET ZUBOV HNACIEHO REŤAZOVÉHO KOLESA

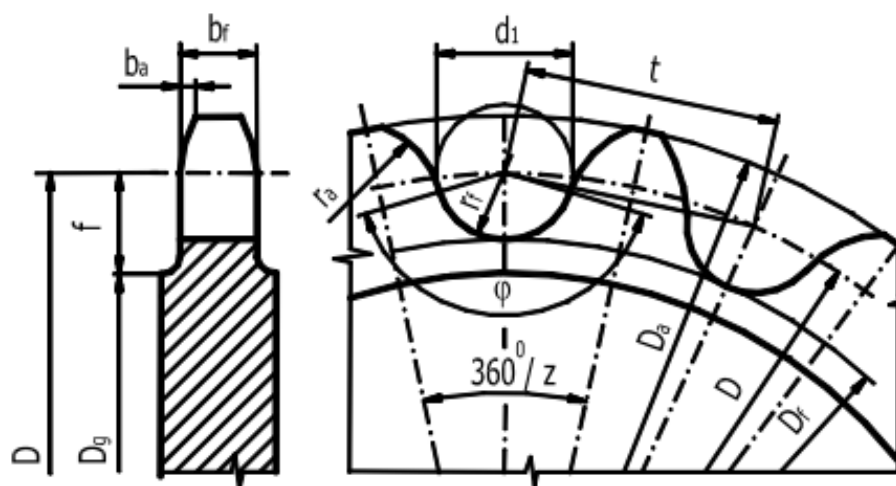
$$z_1 = \frac{o_1}{P} = \frac{332}{38,10} \quad (5)$$

$$z_1 = 8,71$$

Pretože musí byť počet zubov celé číslo volím počet zubov  $z_1=9$ .

### 2.2.4 ZÁKLADNÉ ROZMERY HNACIEHO REŤAZOVÉHO KOLESA

Rozmery sú počítané podľa [5] str.563 - 565



Obr. 14 Ozubenie reťazového kola podľa ČSN [16]

**Priemer rozstupovej kružnice**

$$D_1 = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{38,10}{\sin \frac{180^\circ}{9}} \quad (6)$$

$$D_1 = 111,40 \text{ mm}$$

**Priemer päťnej kružnice**

$$D_{f1} = D_1 - A = 111,40 - 25,40 \quad (7)$$

$$D_{f1} = 86 \text{ mm}$$

**Polomer dna zubnej medzery**

$$r_{i \min} = 0,505 \cdot A = 0,505 \cdot 25,40 \quad (8)$$

$$r_{i \min} = 12,83 \text{ mm}$$

$$r_{i \max} = r_{i \min} + 0,069 \cdot \sqrt[3]{A} = 12,83 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{25,40} \quad (9)$$

$$r_{i \max} = 13,03 \text{ mm}$$

**Polomer boku zuba**

$$r_{e \min} = 0,12 \cdot A \cdot (z + 2) = 0,12 \cdot 25,40 \cdot (9 + 2) \quad (10)$$

$$r_{e \min} = 33,53 \text{ mm}$$

$$r_{e \max} = 0,008 \cdot A \cdot (z^2 + 180) = 0,008 \cdot 25,40 \cdot (9^2 + 180) \quad (11)$$

$$r_{e \max} = 53,04 \text{ mm}$$

**Priemer hlavovej kružnice**

$$D_{a \min 1} = D_1 + 0,5 \cdot A = 111,40 + 0,5 \cdot 25,40 \quad (12)$$

$$D_{a \min 1} = 124,10 \text{ mm}$$

$$D_{a \max 1} = D_1 + 1,25 \cdot P - A = 111,40 + 1,25 \cdot 38,10 - 25,40 \quad (13)$$

$$D_{a \max 1} = 133,63 \text{ mm}$$

**Uhol otvorenia**

$$\alpha_1 = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z_1} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{9} \quad (14)$$

$$\alpha_1 = 110^\circ$$

**Najväčší priemer venca**

$$D_{g1} = D_1 - 2 \cdot \frac{F}{2} = 111,40 - 2 \cdot \frac{33,20}{2} \quad (15)$$

$$D_{g1} = 78,2 \text{ mm}$$

**Polomer zaoblenia zubov**

$$r_{x1} = 1,5 \cdot A = 1,5 \cdot 25,40 \quad (16)$$

$$r_{x1} = 38,10 \text{ mm}$$

**Zaoblenie zubov**

$$b_a = (0,1 \div 0,15) \cdot A = 0,125 \cdot 25,40 \quad (17)$$

$$b_a = 3,18 \text{ mm}$$

**Šírka reťazového kola**

– pre  $P > 12,70$

$$b_{11} = 0,95 \cdot B = 0,95 \cdot 25,40 \quad (18)$$

$$b_{11} = 24,10 \text{ mm}$$

**Dovolené obvodové hádzanie pätnjej kružnice**

$$\delta = 0,008 \cdot A + 0,08 = 0,008 \cdot 25,40 + 0,08 \quad (19)$$

$$\delta = 0,28 \text{ mm}$$

**Dovolené čelné hádzanie na priemere zhodnom s priemerom pätnjej kružnice**

$$\delta_c = 0,009 \cdot A + 0,08 = 0,009 \cdot 25,40 + 0,08 \quad (20)$$

$$\delta_c = 0,31 \text{ mm}$$



### 2.2.5 SKUTOČNÁ RÝCHLOSŤ POJAZDU

- spočítaná podľa [6]

Pri stálej uhlovej rýchlosti je skutočná rýchlosť pojazdu premenná a mení sa periodicky pri zábere každého článku reťaze.

$$\text{Uhol } \beta = \frac{180^\circ}{z_1} = \frac{180^\circ}{9} \quad (21)$$

$$\beta = 20^\circ$$

#### Pracovný chod

$$v_{1P} = \pi \cdot D_1 \cdot n_{1P} = \pi \cdot 111,40 \cdot 0,1506 \quad (22)$$

$$v_{1P} = 0,0527 \frac{m}{s}$$

#### Skutočná rýchlosť pracovného chodu:

$$v_{1Pskut} = v_{1P} \cdot \cos \beta = 0,0527 \cdot \cos 20^\circ \quad (23)$$

$$v_{1Pskut} = 0,0495 \frac{m}{s}$$

#### Spätný chod

$$v_{1S} = \pi \cdot D_1 \cdot n_{1S} = \pi \cdot 111,40 \cdot 0,3012 \quad (24)$$

$$v_{1S} = 0,1054 \frac{m}{s}$$

#### Skutočná rýchlosť spätného chodu:

$$v_{1Sskut} = v_{1S} \cdot \cos \beta = 0,1054 \cdot \cos 20^\circ \quad (25)$$

$$v_{1Sskut} = 0,0990 \frac{m}{s}$$

### 2.2.6 OBVODOVÁ SILA

$$F_o = \frac{P_4}{v_{1Pskut}} \cdot \eta_p = \frac{700}{0,0495} \cdot 0,98 \quad (26)$$

$$F_o = 13859N$$



## 2.3 PEVNOSTNÁ KONTROLA REŤAZE

- spočítané podľa [7]

### 2.3.1 STANOVENIE CELKOVÉHO ZAŤAŽENIA REŤAZE

Ťažná sila:

$$F_t = \frac{1000 \cdot P_4}{v_{1Pskut}} = \frac{1000 \cdot 0,7}{0,0495} \quad (27)$$

$$F_t = 14142 N$$

Odstredivá sila:

- odstredivú silu zanedbávame pretože obvodová rýchlosť je nižšia ako  $4 m \cdot s^{-1}$ .

Celkové zaťaženie reťaze:

$$F_1 = F_t \quad F_1 = 14142 N$$

### 2.3.2 STANOVENIE STATICKÉHO BEZPEČNOSTNÉHO SÚČINITEĽU

$$\gamma_{st} = \frac{F_B}{F_1} = \frac{160000}{14142} \quad (28)$$

$$\gamma_{st} = 11,31 \quad \gamma_{st} \geq 7 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 2.3.3 STANOVENIE DYNAMICKÉHO BEZPEČNOSTNÉHO SÚČINITEĽU

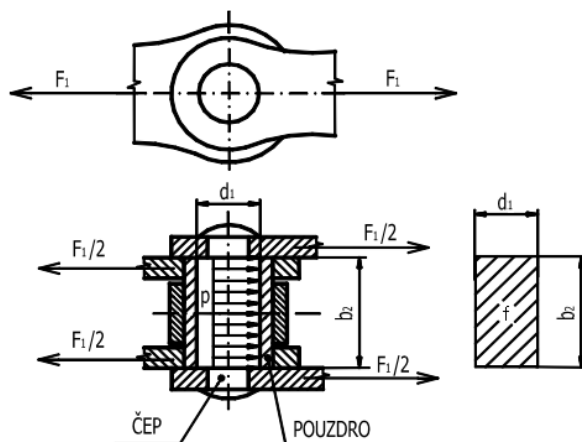
- podľa [7] strana 5, tabuľka A2 je volený súčiniteľ rázu  $Y_R = 2$

$$\gamma_{dyn} = \frac{F_B}{Y_R \cdot F_1} = \frac{160000}{2 \cdot 14142} \quad (29)$$

$$\gamma_{dyn} = 5,66 \quad \gamma_{dyn} \geq 5 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



### 2.3.4 STANOVENIE TLAKU V KLBE REŤAZE



Obr. 15 Merný tlak v klbe valčekovej reťaze [4]

Kde:

$$d_1 = C$$

$$b_2 = B + 2g$$

$$f = d_1 \cdot b_2 = C \cdot (B + 2 \cdot g) = 14,63 \cdot (25,40 + 2 \cdot 6) \quad (30)$$

$$f = 547 \text{ mm}^2$$

Výsledná ťahová sila  $F_1$  reťaze sa prenáša v klbe kontaktnou plochou  $f$  čapu a puzdra, na ktoré pôsobí merný tlak a nastáva vzájomný pohyb čapu a puzdra vid' obr.14. Medzi čapom a puzdrom tak dochádza k treniu, nežiaducemu opotrebeniu a predlžovaniu reťaze. Podmienka merného tlaku v klbe rozhoduje o trvanlivosti reťaze:

$$p_v \leq p_D$$

Stanovenie dovoleného tlaku

$$p_D = p_i \cdot l_1 \cdot l_2$$

Kde:

$$p_i = 31,29 \text{ MPa} - \text{merný tlak v klboch reťaze podľa [3] str.13 tabuľka H}$$

$$l_1 = 0,87 - \text{súčiniteľ trenia podľa [3] str.13 tabuľka I}$$

$$l_2 = 1 - \text{súčiniteľ mazania podľa [3] str.8 tabuľka D}$$

$$p_D = p_i \cdot l_1 \cdot l_2 = 31,29 \cdot 0,87 \cdot 1 \quad (31)$$





$$p_D = 27,22 \text{ MPa}$$

Stanovenie výpočtového tlaku

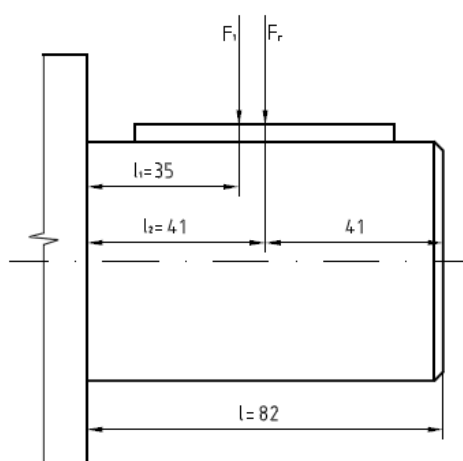
$$p_V = \frac{F_1}{f} = \frac{14142}{547} \quad (32)$$

$$p_V = 25,85 \text{ MPa}$$

$$p_V \leq p_D \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## 2.4 KONTROLA SILY NA VÝSTUPNOM HRIADELI PREVODOVKY

Maximálna radiálna sila pôsobiaca na valcovom výstupnom hriadeľi prevodovky je podľa [8]  $F_{r \max} = 13000 \text{ N}$ . Je to maximálne možné zaťaženie pôsobiace v polovičke výstupného hriadeľa.



Obr. 16 Sily na výstupnom hriadeľi prevodovky

Výpočet sily  $F_r$ :

$$F_1 \cdot l_1 = F_r \cdot l_2$$

$$F_r = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{14142 \cdot 35}{41} \quad (33)$$

$$F_r = 12072 \text{ N}$$

$$F_r \leq F_{r \max} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Výsledná radiálna sila  $F_r$  je menšia ako maximálna radiálna sila udávaná výrobcom, teda reťazové koleso môže byť uložené na hriadeľi.



## 2.5 NÁVRH VRATNÉHO REŤAZOVÉHO KOLESA

### 2.5.1 ZÁKLADNÉ ROZMERY VRATNÉHO REŤAZOVÉHO KOLESA

#### Počet zubov

Volený počet zubov:

$$z_2 = 11$$

#### Prevodový pomer

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{11}{9} \quad (34)$$

$$i = 1,22$$

#### Otáčky vratného reťazového kolesa

$$n_{2P} = \frac{n_{1P}}{i_{12}} = \frac{0,1506}{1,22} \quad (35)$$

$$n_{2P} = 0,1234 \text{ s}^{-1}$$

#### Obvod vratného reťazového kolesa

$$o_2 = \frac{v}{n_{2P}} = \frac{0,05}{0,1234} \quad (36)$$

$$o_2 = 405 \text{ mm}$$

#### Priemer rozstupovej kružnice vratného reťazového kolesa

$$D_2 = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{z_2}\right)} = \frac{38,10}{\sin\left(\frac{180}{11}\right)} \quad (37)$$

$$D_2 = 135,23 \text{ mm}$$

#### Priemer pätnjej kružnice vratného reťazového kolesa

$$D_{f2} = D_2 - A = 135,23 - 25,40 \quad (38)$$

$$D_{f2} = 109,83 \text{ mm}$$

**Priemer hlavovej kružnice vratného reťazového kolesa**

$$D_{a \min 2} = D_2 + 0,5 \cdot A = 135,23 + 0,5 \cdot 25,40 \quad (39)$$

$$D_{a \min 2} = 147,93 \text{ mm}$$

$$D_{a \max 2} = D_2 + 1,25 \cdot P - A = 135,23 + 1,25 \cdot 38,10 - 25,40 \quad (40)$$

$$D_{a \max 2} = 157,46 \text{ mm}$$

**Uhol otvorenia vratného reťazového kolesa**

$$\alpha_2 = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z_2} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{11} \quad (41)$$

$$\alpha_2 = 112^\circ$$

**Najväčší priemer venca vratného reťazového kolesa**

$$D_{g2} = D_2 - 2f_2 = 135,23 - 2 \cdot (0,7 \cdot 38,10) \quad (42)$$

$$D_{g2} = 81,89 \text{ mm}$$

**Polomer zaoblenia zubov vratného reťazového kolesa**

$$r_{x2} = 1,5 \cdot A = 1,5 \cdot 25,40 \quad (43)$$

$$r_{x2} = 38,10 \text{ mm}$$

**Šírka vratného reťazového kolesa reťazového kolesa**

– pre  $P > 12,70$

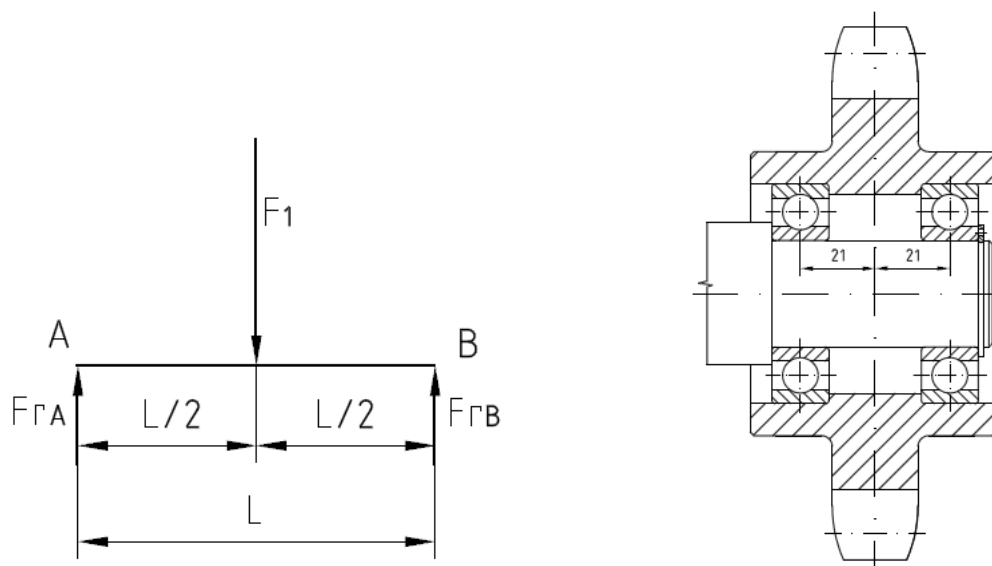
$$b_{12} = 0,95 \cdot B = 0,95 \cdot 25,40$$

$$b_{12} = 24,10 \text{ mm} \quad (44)$$



## 2.5.2 VOĽBA A KONTROLA LOŽÍSK VRATNÉHO REŤAZOVÉHO KOLESA

### Výpočet síl pôsobiacich na ložiská



Obr. 17 Pôsobenie síl vo vratnom reťazovom kolese

Kde:

$$F_1 = 14142 \text{ N}$$

$$L = 42 \text{ mm}$$

#### Momentová rovnováha k bodu A

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{rB} \cdot L - F_1 \cdot L/2 = 0 \Rightarrow F_{rB} = \frac{F_1 \cdot L/2}{L} = \frac{14142 \cdot 21}{42}$$

$$F_{rB} = 7071 \text{ N}$$

(45)

#### Silová rovnováha

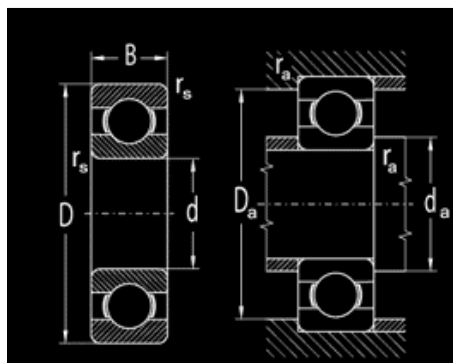
$$\sum F_i = 0$$

$$F_{rA} + F_{rB} - F_1 = 0 \Rightarrow F_{rA} = F_1 - F_{rB} = 14142 - 7071$$

$$F_{rA} = 7071 \text{ N}$$

(46)

Volím 2 jednoradové guľôčkové ložiská 6206 podľa ČSN 02 4630 od výrobcu ZKL. Ložiská sú pri otáčkach  $n_2 = 7,404 \text{ min}^{-1}$  zaťažované radiálnymi silami  $F_{rA} = F_{rB} = 7071 \text{ N}$  a axiálnymi silami  $F_{aA} = F_{aB} = 0 \text{ N}$ .



Obr. 18 Ložisko 6206 [9]

Tabuľka 4 Parametre ložiska [9]

Hlavné rozmery [mm]				Základná únosnosť [N]		Medzné únav. zaťaženie [N]
D	D	B	r <sub>s</sub>	Dynamická(C <sub>r</sub> )	Statická(C <sub>ro</sub> )	P <sub>u</sub>
30	62	16	1	19 443	11 186	508
Medzná frekv. ot. pre mazanie [min <sup>-1</sup> ]		Označenie ložiska	Pripojovacie rozmery [mm]			Hmotnosť [kg]
Plastické mazivo	olej		d <sub>a</sub>	D <sub>a</sub>	r <sub>a</sub>	
11 000	13 000	6206	35	57	1	0,2

**Základná trvanlivosť ložiska** – je vypočítaná podľa [9]

Výpočet P<sub>L</sub>

$$P_L = X \cdot F_{rA} + Y \cdot F_{aA} = 1 \cdot 7071 + 0 \cdot 0 \quad (47)$$

$$P_L = 7071 N$$

Základná trvanlivosť [ot]

$$L_{10} = \left( \frac{C_r}{P_L} \right)^{P_L} = \left( \frac{19443}{7071} \right)^{7071} \quad (48)$$

$$L_{10} = 20,8 \cdot 10^6 \text{ ot}$$



Základná trvanlivosť [hod]

$$L_{10h} = \left( \frac{C_r}{P_L} \right)^{P_L} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_2} = \left( \frac{19443}{7071} \right)^{7071} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 7,404} \quad (49)$$

$$L_{10h} = 46798,3 \text{ hod}$$



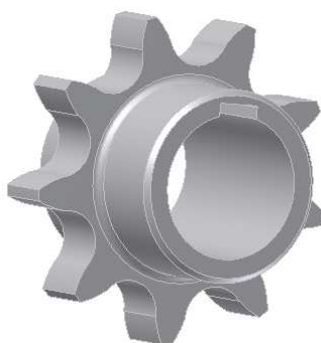
## 3 HLAVNÉ ČASTI REŤAZOVÉHO POSUNOVAČA

### 3.1 POHON

Pohon sa skladá z elektromotoru na ktorom je priskrutkovaná prevodovka. Na valcovom výstupnom hriadeľi prevodovky je nasunuté hnacie reťazové koleso ktoré je zaistené proti axiálnemu posuvu skrutkou s podložkou. Krútiaci moment je prenášaný z výstupného hriadeľa prevodovky na reťazové koleso pomocou tesného pera. Táto zostava je priskrutkovaná na napínaciu dosku. Celok je vložený v ráme a priskrutkovaný. Rám je zložený z dvoch zvarených nerovnoramenných L - profilov a jedného U - profilu. Na vrchu pohonu je ochranný kryt.

### 3.2 HNACIE REŤAZOVÉ KOLESO

Je vyrobené z ocele 12 020, počet zubov je 9. S výstupným hriadeľom prevodovky je spojené tesným perom.



*Obr. 19 Hnacie reťazové koleso*

### 3.3 VRATNÉ REŤAZOVÉ KOLESO

Použitá oceľ 12 020, počet zubov je 11. Je uložené na dvoch guľôčkových ložiskách, proti axiálnemu posuvu zaistené poistným krúžkom.



*Obr. 20 Vratné reťazové koleso*



### 3.4 POMOCNÝ VOZÍK

Základom vozíka je U - profil na ktorom sú privarené ďalšie časti ako spojovacie články vozíka s reťazou. Reťaz je o článok spojená napevno. Ďalej sú na vozíku sklopné palce s protizávažím ktorými sú tlačené pecné vozy. Palce sú umiestnené otočne a pri vracaní vozíka sa sklopia. Spätný pohyb je zabezpečený vývačkami. Po stranách vozíka sú namontované 2 páry kolies z veľmi odolného polyamidu od firmy Blickle, označenie kolies je GSPO 100/20K. Kolesá sú na valivých ložiskách. Vozík má aj 2 vodiace kolesá od rovnakej firmy označené GSPO 200/35K.

### 3.5 DRÁHA

Dráha sa skladá z nerovnoramenných L - profilov ktoré sú v spodnej časti spojené plechom na ktorom je polyamidová doska ktorá vedie reťaz. Na vonkajšej strane dráhy sú držiaky pre 3 koncové spínače od firmy ENIKA.





## ZÁVER

Cieľom práce bolo vypočítať a navrhnúť konštrukčné riešenie reťazového posunovača pre technologickú linku. Pri výpočtoch sa vychádzalo zo zadaných parametrov. Najprv bol zvolený vhodný elektromotor. Ďalej prevodovka pri ktorej bolo hlavným kritériom vysoká účinnosť a malé rozmery. Podľa návrhu motora a prevodovky sa ďalej navrhla reťaz a nasledoval výpočet hnacieho a vratného reťazového kolesa. Ďalej nasledovala pevnostná kontrola reťaze, pri ktorej sa ukázalo, že je zvolená reťaz vhodná. Je vytvorená aj nevyhnutná výkresová dokumentácia pohonu, zostavy posunovača a hnacieho reťazového kolesa. Výkresová dokumentácia je súčasťou bakalárskej práce.



## POUŽITÉ INFORMAČNÉ ZDROJE

- [1] SIEMENS. *Nízkonapěťové standardní motory 1LA7* [online]. 2009 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/katalogy/k02/cat\\_k02\\_2010-04\\_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/k02/cat_k02_2010-04_cz.pdf)
- [2] STROJÍRNA KUKLENY SPOL. S.R.O. *Jednostupňové převodovky EC, ECP s válcovým výstupním hřídelem* [online]. 2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.strojirna.cz/index.php/cs/strojirenska-vyroba/pomalubne-excentricke-reduktory-ec-box/tabulka-rad-jednostupnovych>
- [3] MARO SLOVAKIA SPOL. S. R. O. *Valčkové řetaze - európska norma* [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://retaz.sk/docs/maro\\_retaz\\_valcekova\\_iso.pdf](http://retaz.sk/docs/maro_retaz_valcekova_iso.pdf)
- [4] TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Návrh a výpočet řetězového převodu* [online]. 2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-retez.pdf>
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [6] BOLEK A., KLEPŠ Z., KOCHMAN J., ŠEJVL M.: *Části strojů*. ČSAV Praha. 1963.
- [7] ŘETEZY VAMBERK SPOL. S.R.O. *Volba hnacího válečkového řetezu* [online]. 2006 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/vypocet\\_valeckoveho\\_retezu.pdf](http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/vypocet_valeckoveho_retezu.pdf)
- [8] STROJÍRNA KUKLENY SPOL. S.R.O. *Parametry velikostních řad převodovek EC* [online]. 2008 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.strojirna.cz/index.php/cs/strojirenska-vyroba/pomalubne-excentricke-reduktory-ec-box/tabulka-velikostnich-rad>
- [9] ZKL GROUP. *Jednořadá kuličková ložiska* [online]. 2010 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.zkl.cz/cs/cat/srbb/6206>
- [10] GIDI INDUSTRIAL CHAIN CO.,ltd. *PIV Chain* [online]. 2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.gd-chain.com/PIV-chain.htm>
- [11] GIDI INDUSTRIAL CHAIN CO.,ltd. *Heavy duty cranked-link chain* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.gd-chain.com/Heavy-duty-cranked-link-chain.htm>
- [12] CROSS+MORSE. *HV Inverted Tooth Chain Drives* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.cross-morse.co.uk/pdf/HV-RPEN.pdf>
- [13] ŘETEZY VAMBERK SPOL. S.R.O. *Katalog* [online]. 2012 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.retezy-vam.com/images/stories/PDF/Katalog.pdf>
- [14] LPR MICHALOVCE. *Řetaze podľa DIN 5685* [online]. 2007 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: <http://www.lpr-mi.sk/lpr/retaze4.html>



[15] MARO SLOVAKIA SPOL. S. R. O. *Fleyerove reťaze* [online]. 2011 [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: [http://www.retaz.sk/docs/maro\\_retaz\\_fleyerova.pdf](http://www.retaz.sk/docs/maro_retaz_fleyerova.pdf)

[16] ČSN 01 4811 *Řetězová kola pro hnací válečkové a pouzdrové řetězy*. Praha: Český normalizační institut, 1960

[17] CADis a.s. *Strojní příručka* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://www.kks.zcu.cz/pro-studenty-KKS/Studijni\\_podklady/PRIRUCKA/CADIS/MDOC/F/F14/F14\\_2/f14\\_2.htm](http://www.kks.zcu.cz/pro-studenty-KKS/Studijni_podklady/PRIRUCKA/CADIS/MDOC/F/F14/F14_2/f14_2.htm)



## ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

$b_{11}$	[mm]	Šírka hnacieho reťazového kolesa
$b_{12}$	[mm]	Šírka vratného reťazového kolesa
$b_a$	[mm]	Zaoblenie zubov
$C_r$	[N]	Dynamická únosnosť ložiska
$C_{ro}$	[N]	Statická únosnosť ložiska
$D_1$	[mm]	Priemer rozstupovej kružnice hnacieho reťazového kolesa
$D_2$	[mm]	Priemer rozstupovej kružnice vratného reťazového kolesa
$D_{amax1}$	[mm]	Maximálny priemer hlavovej kružnice hnacieho reťazového kolesa
$D_{amax2}$	[mm]	Maximálny priemer hlavovej kružnice vratného reťazového kolesa
$D_{amin1}$	[mm]	Minimálny priemer hlavovej kružnice hnacieho reťazového kolesa
$D_{amin2}$	[mm]	Minimálny priemer hlavovej kružnice vratného reťazového kolesa
$D_{f1}$	[mm]	Priemer pätnjej kružnice hnacieho reťazového kolesa
$D_{f2}$	[mm]	Priemer pätnjej kružnice vratného reťazového kolesa
$D_{g1}$	[mm]	Najväčší priemer venca hnacieho ozubeného kolesa
$D_{g2}$	[mm]	Najväčší priemer venca vratného ozubeného kolesa
$F$	[N]	zadaná ťažná sila
$f$	[mm <sup>2</sup> ]	Veľkosť styčných plôch reťaze
$F_o$	[N]	Obvodová sila
$F_r$	[N]	Radiálna sila pôsobiaca na výstupnom hriadeli prevodovky
$F_{rA}$	[N]	Radiálna sila pôsobiaca na ložisko v bode A
$F_{rB}$	[N]	Radiálna sila pôsobiaca na ložisko v bode B
$F_{rmax}$	[N]	Max. radiálna sila na pôsobiaca na výstupnom hriadeli prevodovky
$F_t$	[N]	Ťažná sila
$i$	[-]	Prevodový pomer
$l_1$	[-]	Súčiniteľ trenia
$L_{10}$	[ot]	Základná trvanlivosť ložiska
$L_{10h}$	[hod]	Základná trvanlivosť ložiska
$l_2$	[-]	Súčiniteľ mazania
$M_n$	[Nm]	Menovitý moment
$M_z$	[Nm]	Záberový moment
$n_{1P}$	[s <sup>-1</sup> ]	Otáčky hnacieho reťazového kolesa pri pracovnom chode
$n_{1S}$	[s <sup>-1</sup> ]	Otáčky vratného reťazového kolesa pri spätnom chode



$n_{2P}$	[s <sup>-1</sup> ]	Otáčky vratného reťazového kolesa pri pracovnom chode
$o_1$	[mm]	Obvod hnacieho reťazového kolesa
$o_2$	[mm]	Obvod vratného reťazového kolesa
$P$	[W]	výkon motora
$P_4$	[W]	Menovitý výkon štvorpólového zapojenia
$P_8$	[W]	Menovitý výkon osempólového zapojenia
$p_D$	[MPa]	Dovolený tlak v kĺboch reťaze
$p_i$	[MPa]	Merný tlak v kĺboch reťaze
$P_L$	[N]	Ekvivalentné dynamické zaťaženie ložiska
$p_v$	[MPa]	Výpočtový tlak v kĺboch reťaze
$r_{e\max}$	[mm]	Maximálny polomer boku zuba
$r_{e\min}$	[mm]	Minimálny polomer boku zuba
$r_{i\max}$	[mm]	Maximálny polomer dna zubnej medzery
$r_{i\min}$	[mm]	Minimálny polomer dna zubnej medzery
$r_{x1}$	[mm]	Polomer zaoblenia zubov hnacieho reťazového kolesa
$r_{x2}$	[mm]	Polomer zaoblenia zubov vratného reťazového kolesa
$v$	[m/s]	zadaná rýchlosť pojazdu
$v_{1P}$	[m/s]	Teoretická rýchlosť pojazdu – pracovný chod
$v_{1Pskut}$	[m/s]	Skutočná rýchlosť pojazdu – pracovný chod
$v_{1S}$	[m/s]	Teoretická rýchlosť pojazdu – spätný chod
$v_{1Sskut}$	[m/s]	Skutočná rýchlosť pojazdu – spätný chod
$X$	[-]	Koeficient radiálneho dynamického zaťaženia
$Y$	[-]	Koeficient axiálneho dynamického zaťaženia
$Y_R$	[-]	Súčiniteľ rázu
$z_1$	[-]	Počet zubov hnacieho reťazového kolesa
$z_2$	[-]	Počet zubov vratného reťazového kolesa
$\alpha_1$	[°]	uhol otvorenia hnacieho reťazového kolesa
$\alpha_2$	[°]	Uhol otvorenia vratného reťazového kolesa
$\beta$	[°]	Uhol otočenia kolesa o jeden zub
$\gamma_{dyn}$	[-]	Dynamický súčiniteľ bezpečnosti
$\gamma_{st}$	[-]	Statický súčiniteľ bezpečnosti
$\delta$	[mm]	Dovolené obvodové hádzanie pätnej kružnice
$\delta_c$	[mm]	Dov. čelné hádzanie na priemere zhodnom s priem. pätnej kružnice



$\eta_p$	[-]	účinnosť prevodovky
$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo



---

## ZOZNAM PRÍLOH

### **Výkresová dokumentácia:**

126508-A1-RP – výkres zostavy

126508-K1-RP – zoznam položiek

126508-A1-P – výkres zostavy

126508-K1-P – zoznam položiek

126508-K2-P – zoznam položiek

126508-A3-RK – výrobný výkres

### **Ďalšie prílohy:**

CD: Bakalárska práca

    Výkresová dokumentácia