

<i>Předmět:</i>	<i>Ročník:</i>	<i>Vytvořil:</i>	<i>Datum:</i>
Stavba a provoz strojů	Třetí	Dušan Hložanka	28. 1. 2014
<i>Název zpracovaného celku:</i>			
ŘEMENOVÉ PŘEVODY			

ŘEMENOVÉ PŘEVODY

A. Popis převodů

Obecně jsou převody mechanismy s tuhými členy, které slouží k přenosu kroutícího momentu (otáček) z hnacího hřídele na hřídel hnaný.

K přenosu kroutícího momentu M_k dochází pomocí kol na hřídelích:

- kontaktním stykem - kola se přímo dotýkají = třecí a ozubené převody.
- nepřímým stykem – opásáním = lanové, řemenové a řetězové převody.

Řemenové převody :

- jsou převody opásané se silovým stykem
- síla v řemenech se na řemenice přenáší třením
- nejsou přesné, protože při tření dochází k prokluzu (součinitel ψ)
- opásání je provedeno jedním nebo více řemeny
- řemeny mohou být ploché, klínové, ozubené (tyto patří do skupiny tvarového styku) a speciálních tvarů
- používají se na střední a velké osové vzdálenosti

Výhody:

- jsou pružné, mají pružný záběr a tlumí rázy a vibrace
- mohou pracovat při velkých obvodových rychlostech (udává výrobce pro daný typ řemene)
- jsou levné
- montáž je jednoduchá
- při jednorázovém přetížení dojde k prokluzu (funkce pojistné spojky)

Nevýhody:

- nezaručují přesnost převodového poměru (prokluz)
- napínací síla značně namáhá hřídele a ložiska
- průtažnost řemenů
- nutnost napínání (napínací zařízení kladkové nebo posunem motoru)
- nelze je použít na malé osové vzdálenosti
- nejsou vhodné do vlhkého a prašného prostředí, nesnáší vyšší teploty, nesmí se zamastit

B. Druhy řemenů

Ploché řemeny:

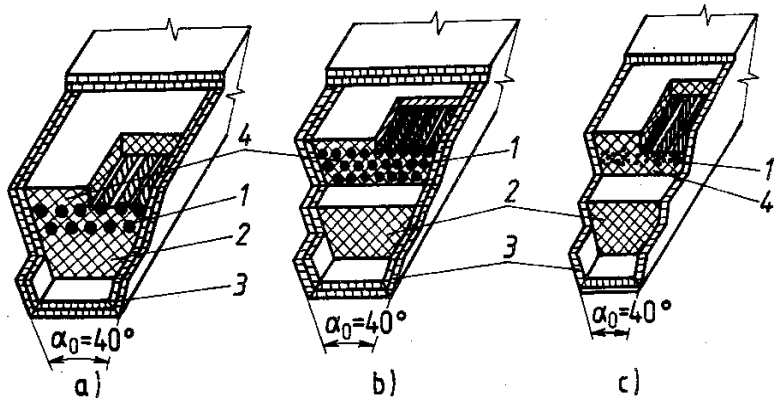
- materiál kůže, plast, speciální tkaniny (firma Esband)
- mohou pracovat oboustranně (lze dosáhnout opačného smyslu otáček)
- nevýhodou je větší napínací síla než u klínových řemenů a velká šířka řemene

Klínové řemeny:

V současné době je na trhu dostupné velké množství různých typů s různými obchodními názvy.

Základní rozdělení:

- podle průřezu: - řemeny klasického průřezu (označení Z, A, B, C, D, E)
 - řemeny úzké (označení SPZ, SPA, SPB, SPC)
- podle způsobu výroby: - obalované
 - řezané



klasický průřez
(obchodní název Rekord)
 $v_{max} = 25 \text{ ms}^{-1}$

Klasický průřez
(obchodní název Industrial)
 $v_{max} = 35 \text{ ms}^{-1}$

úzký řemen
 $v_{max} = 60 \text{ ms}^{-1}$

Popis: 1- textilní tažná část, 2 - pryžové jádro, 3 – opryžovaný textilní obal, 4 – pryžový nárazník

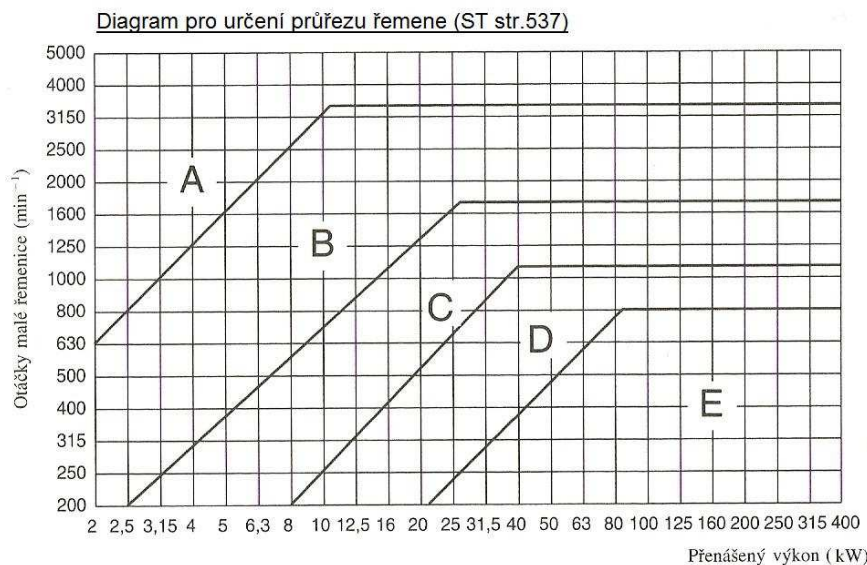
Objednávkové označení řemenů ST str.530 a 532:

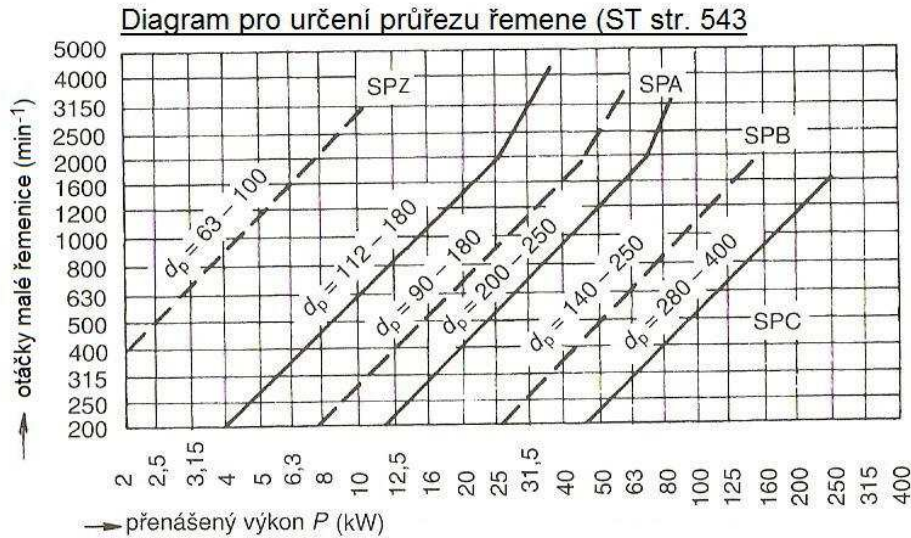
Pozor: - u řemenů klasických průřezů se uvádí délka výpočtová L_p
- u řemenů úzkých se uvádí délka vnější L_a

C. Výpočet

C1) Určení průřezu řemene:

Velikost určíme z diagramu z ST. Vyneseme průsečík přenášeného výkonu $P(\text{kW})$ a otáček hnačí řemenice $n_1(\text{min}^{-1})$. Je-li průsečík blízko rozhraní velikostí, volíme řemen větší. V diagramu nejsou uvedeny nejmenší řemeny = velikost Z. Tyto se používají jen pro nejmenší výkony do 1,5 kW (v ST uvedeno do 2kW).





C2) Návrh průměru hnací řemennice d_1 :

Z důvodu minimalizace rozměrů celého zařízení volíme doporučený výpočtový průměr v rozsahu minimálních průměrů pro danou velikost řemene – obě tabulky jsou v ST str. 536.

Minimální výpočtové průměry řemennic pro řemennice klasické (ST str. 536)

Velikost řemene klasického	Úhel boků drážky řemennice			
	34°	36°	38°	40°
	Rozmezí průměrů hnací řemennice (d_1)			
Z	50...71	80...100	112...160	≥180
A	75...112	125...160	180...400	≥450
B	125...160	180...224	250...500	≥560
C	-	200...315	355...630	≥710
D	-	355...450	500...900	≥1000
E	-	500...560	630...1120	≥1250

Minimální výpočtové průměry řemennic pro řemennice úzké (ST str. 536)

Velikost řemene úzkého	Úhel boků drážky řemennice	
	34°	38°
	Rozmezí průměrů hnací řemennice (d_1)	
SPZ	63...80	>80
SPA	90...118	>118
SPB	140...190	>190
SPC	224...315	>315

Doporučené výpočtové průměry řemennic – výběr z tabulky (ST str. 536)

50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180
200	224	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	-

C3) Kontrola rychlosti řemene:

Po zvolení průměru hnací řemenice musíme provést kontrolu rychlosti řemene. Skutečná rychlost řemene v (ms^{-1}) musí být menší než v_{max} , udávaná výrobcem pro daný typ řemene (obvykle $v_{\text{max}} = 25 \text{ m s}^{-1}$, u nových typů až 80 m s^{-1}).

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 \quad (\text{ms}^{-1} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v \leq v_{\text{max}}$$

Zvolený malý průměr hnací řemenice zvyšuje namáhání řemene ohybem a zkracuje jeho životnost. Zvolení velkého průměru hnací řemenice může vést k překročení v_{max} a způsobuje velký nárůst celého zařízení.

C4) Výpočet průměru hnané řemenice d_2 :

Průměr hnané řemenice vypočteme z převodového čísla (poměru)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1 \cdot \psi} \quad \left(1 = \frac{s^{-1}}{s^{-1}} = \frac{\text{mm}}{\text{mm.l}} \right) \quad \psi \dots \text{Součinitel skluzu} \quad \psi = 0,99 - 0,98$$

$$d_2 = i \cdot d_1 \cdot \psi \quad (\text{mm} = 1 \cdot \text{mm} \cdot 1)$$

Součinitel skluzu ψ závisí na správném napnutí řemene.

C5) Volba vzdálenosti os řemenic:

Vzdálenost os A se volí v rozmezí:

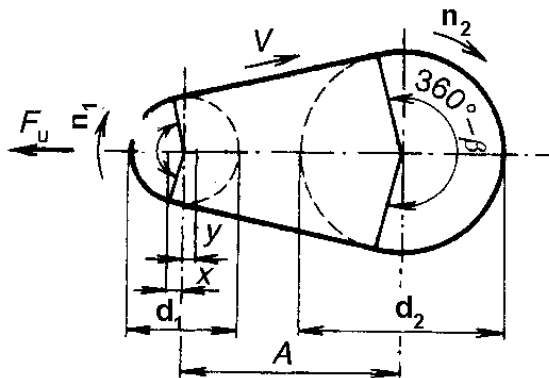
$$0,7(d_1 + d_2) < A < 2(d_1 + d_2) \quad (\text{mm})$$

Volíme-li vzdálenost A blízkou minimu, snižujeme úhel opásání hnací řemenice, tím se snižuje přenášený výkon jedním řemenem a zároveň snižuje koeficient prokluzu.

C6) Výpočet délky řemene L_p :

Délku řemene potřebujeme pro objednávkové označení řemene. Nejprve vypočteme ze zvolené vzdálenosti os A a průměrů řemenic předběžnou délku L_p .

Z tabulky výrobních délek pro zvolený řemen zvolíme nejbližší výrobní délku L_p a napíšeme objednávkové označení řemene.



Délku výpočtovou neutrální osy řemene vypočteme pomocí znalosti středoškolské matematiky:

$$Lp' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi d_1}{2} - \frac{2 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \gamma}{360} + \frac{\pi \cdot d_2}{2} + \frac{2 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \gamma}{360} \text{ [mm]}$$

po úpravě:

$$Lp' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1)}{180} \text{ [mm]}$$

úhel α vypočteme pomocí cosinu úhlu:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2A} \text{ [}^\circ\text{]}$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} \text{ [}^\circ\text{]}$$

Výběr normalizovaných výpočtových délek řemenů

Typ	Normalizované výpočtové délky řemene Lp
Z	400,450,500,560,630,710,800,900,1000,1120,1250,1400,1600,1800,2000,2240
A	od 560, viz předchozí, 2500, 2800, 3150, 3550, 4000,
B	od 800, viz předchozí, 4000, 4500, 5000, 5600, 6300,
C	od 1800, viz předchozí, 7100, 8000, 9000, 10000,
D	od 3150, viz předchozí, 11200, 12500, 14000,
E	od 4500, viz předchozí, 16000, 18000,

Vzor: Objednávkové označení řemene: ŘEMEN A- 1800 ČSN 02 31 10
ŘEMEN SPA- 1800 ČSN 02 31 12

C7) Výpočet skutečné vzdálenosti os A_{sk} :

Podle zvolené skutečné délky řemene Lp musíme upravit vzdálenost os

$$A_{sk} = \frac{Lp - \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} - \frac{\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1)}{180}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \text{ [mm]}$$

C8) Výpočet počtu řemenů z:

Výkon N_o přenášený jedním řemenem se určí z ST. Tento výkon ovlivňuje velikost úhlu opásání hnací řemenice, délka řemene a dynamičnost zatížení s typem pracovního režimu:

$$z' = \frac{P \cdot c_L}{N_o \cdot c_\alpha \cdot c_p}$$

Na přenášený výkon má vliv počet řemenů a to především z důvodu výrobních tolerancí délek řemenů. Tento vliv zohledňuje součinitel c_k , uvedený v ST

$$z = \frac{z'}{c_k} \text{ a zaokrouhlíme vždy na nejbližší vyšší celé číslo.}$$

Součinitel počtu řemenů c_k :

Počet řemenů	c_k
1	1,00
2 a 3	0,95
4 až 6	0,90
7 a více	0,85

Nedoporučuje se použití více než 10 řemenů na přenos požadovaného výkonu (v praxi max. 7), protože napínací síla značně namáhá hřídele a ložiska. V tomto případě se doporučuje použít řemeny o větším průřezu.

C9) Rozsah osových vzdáleností řemenic pro montáž a napínání řemenů:

Z důvodu montáže (A_{min}) a napínání řemene (A_{max}) musíme konstrukčně umožnit změnu osová vzdálenosti v rozmezí:

$$x = 0,030L_p \quad y = 0,015L_p$$

$$A_{max} = A + x$$

$$A_{min} = A - y$$

D. Zásady montáže a údržby

- nasazování řemenů na řemenice se provádí při zmenšení osově vzdálenosti hřídelí na A_{min}
- řemeny se napnou na správnou hodnotu předpětí, po prvotním protažení (po 24 hod provozu) se musí znovu napnout
- hřídele řemenic musí být rovnoběžné a řemenice musí ležet v jedné rovině
- technickým opatřením (např. kryty) musí být řemenový převod chráněn před zamaštěním, vlhkem a prachem
- při poškození jednoho řemene z převodu se musí vyměnit všechny.

Pro kontrolu ustavení řemenic a měření předpětí řemene existují různé přípravky a měřidla, tyto dodá výrobce nebo distributor řemenů.

E. Příklad:

Pro modernizaci drtiče navrhnete řemenový převod s otáčkami hnané řemenice $n_2 = 430 \text{ min}^{-1}$. Pro pohon zvolte čtyřpólový asynchronní motor o výkonu 5 kW, který může pracovat v prostředí s nebezpečím požáru hořlavých hmot. Řemeny se budou napínat posunem motoru ve vodičkách. Investor požaduje motor od firmy Siemens a použití řemenů klasického průřezu.

Volba elektromotoru:

Z katalogu firmy Siemens volíme motor typu 1MA7, který je vhodný do prostředí s nebezpečím požáru hořlavých hmot.

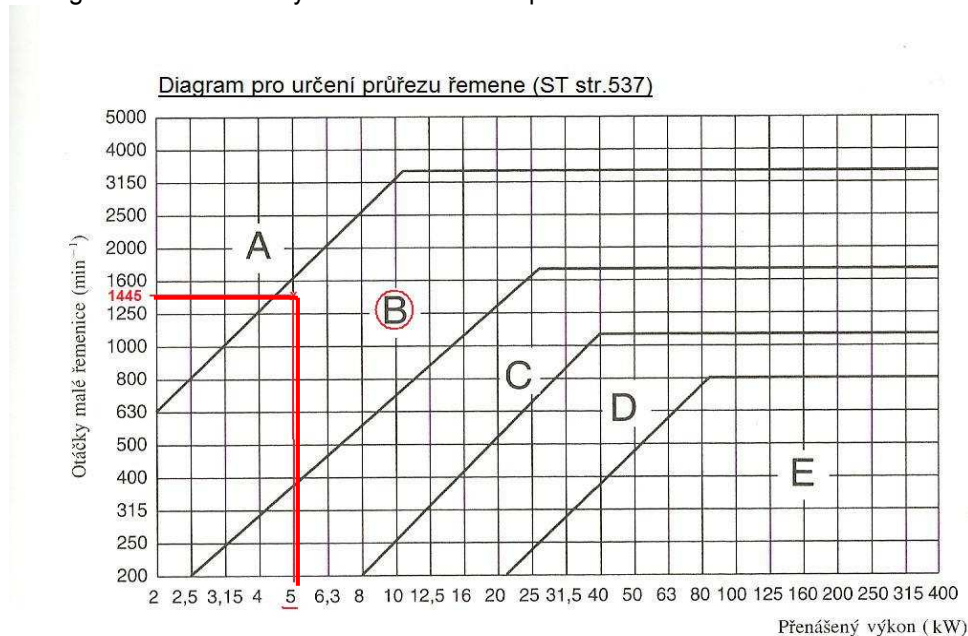
Označení elektromotoru a hodnoty pro výpočet:

1MA7 130-4BA, $n_1 = 1445 \text{ min}^{-1}$, $P = 5 \text{ kW}$

Návrh převodu:

1) Určení průřezu řemene:

Z diagramu volím klínový řemen klasického průřezu velikosti



2) Návrh průměru hnací řemenice d_1 :

Velikost řemene klasického	Úhel boků drážky řemenice			
	34°	36°	38°	40°
	Rozmezí průměrů hnací řemenice (d_1)			
Z	50...71	80...100	112...160	≥ 180
A	75...112	125...160	180...400	≥ 450
B	125...160	180...224	250...500	≥ 560
C	-	200...315	355...630	≥ 710
D	-	355...450	500...900	≥ 1000
E	-	500...560	630...1120	≥ 1250

Volím doporučený průměr hnací řemenice $d_1 = 140 \text{ mm}$.

Doporučené výpočtové průměry řemenic – výběr z tabulky (ST str. 536)

50	56	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180
200	224	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	-

3) Kontrola obvodové rychlosti řemene:

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 \quad (\text{ms}^{-1} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v = \pi \cdot 0,14 \cdot 1445/60 = 10,592 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v \leq v_{\text{max}} (25 \text{ms}^{-1})$$

Zvolený průměr řemenice vyhovuje

4) Výpočet průměru hnané řemenice d_2 :

Průměr hnané řemenice vypočteme z převodového čísla (poměru)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1 \cdot \psi} \quad \left(i = \frac{\text{s}^{-1}}{\text{s}^{-1}} = \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot 1} \right) \quad \psi \dots \text{Součinitel skluzu} \quad \psi = 0,99 - 0,98$$

$$i = \frac{1445}{430} = 3,36$$

$$d_2 = i \cdot d_1 \cdot \psi = 3,36 \cdot 140 \cdot 0,98 = 460,99 \text{ mm} \quad (\text{mm} = 1 \cdot \text{mm} \cdot 1)$$

Volím průměr hnané řemenice $d_2 = 461 \text{ mm}$.

5) Volba vzdálenosti os řemenic:

Volíme-li vzdálenost A blízkou minimu, snižujeme úhel opásání hnací řemenice, tím se snižuje přenášený výkon jedním řemenem a zároveň snižuje koeficient prokluzu.

$$0,7(d_1 + d_2) < A < 2(d_1 + d_2) \quad (\text{mm})$$

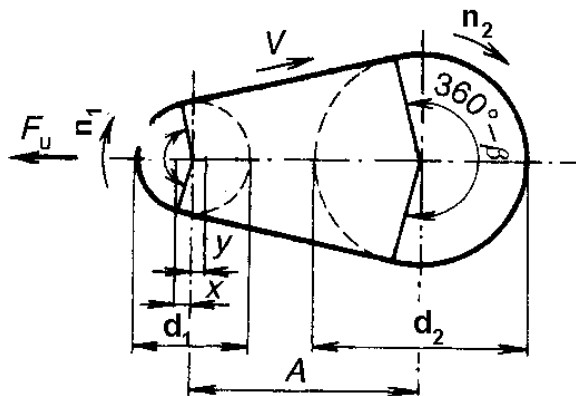
$$0,7 \cdot (140 + 461) < A < 2 \cdot (140 + 461)$$

$$420,7 < A < 1202$$

Volím vzdálenost os $A = 800 \text{ mm}$

6) Výpočet délky řemene L_p :

Nejprve vypočteme ze zvolené vzdálenosti os A a průměrů řemenic předběžnou délku L_p' .
Z tabulky výrobních délek pro zvolený řemen zvolíme nejbližší výrobní délku L_p a napíšeme objednávkové označení řemene



Délku výpočtovou neutrální osy řemene vypočteme pomocí znalosti středoškolské matematiky: úhel α vypočteme pomocí kosinu úhlu:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{d_2 - d_1}{2A} = \frac{461 - 140}{2 \cdot 800} = 0,200625$$

$$\alpha = 78,427^\circ$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - 39,2135 = 50,7865^\circ$$

$$Lp' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi d_1}{2} - \frac{2\pi \cdot d_1 \cdot \gamma}{360} + \frac{\pi \cdot d_1}{2} + \frac{2 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \gamma}{360} \text{ [mm]}$$

po úpravě:

$$Lp' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1)}{180} = 2 \cdot 800 \cdot \sin 39,2135 + \frac{\pi \cdot (140 + 461)}{2} + \frac{\pi \cdot 11,773 \cdot (461 - 140)}{180}$$

$$Lp' = 2577,179 \text{ mm}$$

Volím nejbližší výrobní délku řemene ... $Lp = 2500 \text{ mm}$

7) Výpočet skutečné vzdálenosti os A_{sk} :

Podle zvolené skutečné délky řemene Lp musíme upravit vzdálenost os (rozdíl délek je tak malý, že nemá vliv na velikost úhlu α).

$$A_{sk} = \frac{Lp - \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} - \frac{\pi \cdot \gamma \cdot (d_2 - d_1)}{180}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{2500 - \frac{\pi \cdot (140 + 461)}{2} - \frac{\pi \cdot 11,773 \cdot (461 - 140)}{180}}{2 \cdot \sin 39,2135} = 760,457 \text{ mm}$$

$$A_{sk} = 760,457 \text{ mm}$$

8) Výpočet počtu řemenů z :

Výkon No přenášený jedním řemenem se určí z ST. Tento výkon ovlivňuje velikost úhlu opásání hnací řemenice, délka řemene a dynamičnost zatížení s typem pracovního režimu:

$$z' = \frac{P \cdot c_L}{No \cdot c_\alpha \cdot c_p} \quad \text{Nejdříve musíme z ST určit součinitele}$$

Součinitel vlivu délky řemene a úhlu opásání určíme z tabulek ST. Str. 540

Součinitel délky řemene pro délku řemene $Lp = 2500 \text{ mm}$ o průřezu B:

$$c_L = 1,03$$

Pro úhel $\alpha = 156,854^\circ$

$$c_\alpha = 0,94$$

Součinitel dynamičnosti a pracovního režimu určíme z tabulky ST. Str. 541

Provoz drtiče je charakterizovaný jako těžký až velmi těžký. Není zadána doba chodu stroje za den, a proto předpokládáme třisměnný provoz, tomuto zadání odpovídá:

$$c_p = 1,7$$

Jmenovitý výkon No přenášený jedním řemenem určíme z ST. str. 538 z podmínek:

$$D_1 = 140 \text{ mm}, i > 3, n_1 = 1445 \text{ min}^{-1}, \text{ velikost průřezu B}$$

$$No = 3,21 \text{ kW}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



10

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Dosadíme do vzorce:

$$z' = \frac{P \cdot c_L}{No \cdot c_a \cdot c_p} = \frac{5,1,03}{3,21 \cdot 0,94 \cdot 1,7} = 1,27$$

$$z = \frac{z'}{c_k} = \frac{1,27}{0,95} = 1,34 \quad c_k \dots (\text{ST, str. 542})$$

Volíme 2 řemeny

9) Rozsah osových vzdáleností řemenic pro montáž a napínání řemenů:

Z důvodu montáže (A_{min}) a napínání řemene (A_{max}) musíme konstrukčně umožnit změnu osová vzdálenosti v rozmezí:

$$A_{min} = A - y = A - 0,015 L_p = 760,457 - 0,015 \cdot 2500 = 723 \text{ mm}$$

$$A_{max} = A + x = A + 0,03 L_p = 760,457 + 0,03 \cdot 2500 = 836 \text{ mm}$$

$$x = 0,030 L_p, \quad y = 0,015 L_p$$

Z důvodu prvotního protažení řemene, které může být až 4% délky řemene se doporučuje A_{max} zvětšit.

Seznam literatury:

BARTOŠ, J.; GAJDOŠ, P.; NOVÁK, V. *Strojní součásti*. Praha: SNTL 1963

KŘÍŽ, R.; WEIGNER, K.; SVOBODA, J. *Stavba a provoz strojů II. Převody*. Praha: SNTL 1979

LEINWEBER, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 4. doplněné vydání. Úvaly: ALBRA 2008.

ISBN 978-80-7361-051-7

ČSN 02 3109 - *Hnací klínové řemeny klasických průřezů*. ČNI, Praha, 1988

ČSN 02 3110 - *Hnací klínové řemeny klasických průřezů. Základní rozměry a kontrolní metody*.

ČNI, Praha, 1985

ČSN 02 3112 - *Úzké klínové řemeny pro průmyslové použití. Rozměry*. ČNI, Praha, 1975

ČSN 02 3111 - *Hnací klínové řemeny klasických průřezů. Výpočet převodů a předávaných výkonů*.

ČNI, Praha, 1986

ČSN 02 3114 - *Úzké klínové řemeny pro průmyslové použití. Převody a přenášené výkony*.

ČNI, Praha 1975

ČSN 02 3179 - *Řemenice pro hnací klínové řemeny klasických průřezů. Základní parametry, rozměry a kontrolní metody*. ČNI, Praha, 1985

ČSN 02 3180 - *Řemenice pro klínové řemeny. Základní ustanovení*. ČNI, Praha, 1968