

POHON KLINOVÝM REMEŇOM

Klinový remeň je pre svoje výhodné vlastnosti nepostrádateľným prvkom mnohých zariadení domácej dielne. Amatérski konštruktéri majú však často ťažkosti pri jeho správnom návrhu. Normy ČSN 02 3109, ČSN 02 3111 a ČSN 02 3180, ktoré obsahujú potrebné údaje, nie sú každému prístupné a používané príručky sú neraz zastarané. Navyše presný výpočet podľa noriem je dosť zložitý, pretože musí zabezpečiť primeranú životnosť aj pri veľmi vyťažených priemyselných pohonoch. Pre domáce zariadenia možno veľa zjednodušiť. Záujemcom dobre poslúžia tieto technické údaje a praktické rady na návrh prevodu klinovým remeňom s menovitou šírkou 10 mm (podľa ČSN ide o prierez Z), ktorý sa v domácej dielni používa najčastejšie.

Rozmery drážky v remenici

Šírka drážky na klinový remeň s menovitou šírkou 10 mm sa podľa ČSN rovná 8,5 mm (obr. 1) a rozumie sa na výpočtovom priemere d pri menšej remenici alebo D pri väčšej remenici. Uhol drážky α závisí od priemeru remenice. Čím je priemer menší, tým viac sa remeň napína na vonkajšom obvode a jeho šírka sa v týchto miestach znižuje. Ak majú boky remeňa dobre priliehať k remenici, musia mať remenice s malým priemerom menší uhol drážky α . Odporúča sa pre priemer remenice

D (d) = 50 až 60 mm	$\alpha = 32^\circ$
D (d) = 60 až 90 mm	$\alpha = 34^\circ$
D (d) = 90 mm	$\alpha = 38^\circ$

Šírka drážky B na vonkajšom priemere remenice (obr. 1) nebude pri všetkých uvedených uhloch rovnaká. Približne platí:

$B = 9,9$ mm	$\alpha = 32^\circ$
$B = 10,0$ mm	$\alpha = 34^\circ$
$B = 10,2$ mm	$\alpha = 38^\circ$

Keďže priame meranie šírky 8,5 mm na výpočtovom priemere remenice d (alebo D) je pri sústružení zložitý, odporúča sa meranie cez valčeky $\varnothing 9$ mm (obr. 2). Rozmer cez

tieto valčeky je o 12 mm väčší než výpočtový priemer d (alebo D). Platí to dostatočne presne pre všetky odporúčané uhly $\alpha = 32, 34$ a 38° . Pri hotových remeniciach, ktoré chceme použiť, možno týmto spôsobom zmerať skutočný výpočtový priemer.

Drážka musí byť dostatočne hlboká, aby remeň dosadol na jej boky, ale nie na dno. Aj taká remenica síce funguje, ale skutočný prevodový pomer je iný než navrhnutý. Remeň bežiaci po dne drážky potom neprenesie výkon, na ktorý je určený, pretože pri väčšom zaťažení začne prekĺzavať. Podľa ČSN je hĺbka drážky určená na 9,5 mm (obr. 3); na tom istom obrázku sú uvedené rozmery, ktoré platia pre okraje remenice, ďalej vzdialenosť medzi drážkami a odporúčané zaoblenia.

Prevod otáčok

Zo skúseností vieme, že pri remeňovom prevode má väčšia remenica menší počet otáčok a naopak. Ak označíme otáčky väčšej remenice N a menšej remenice n (obr. 4), platí pre prevodový pomer i vzorec:

$$i = \frac{n}{N} = \frac{D}{d}$$

Prevodový pomer i závisí od výpočtových priemerov remenic D a d , ktoré sú pri remeňoch s menovitou šírkou 10 mm o 5 mm menšie než vonkajšie priemery remenic. Nahradenie výpočtového priemeru vonkajším priemerom by viedlo k chybnému stanoveniu prevodu, a to najmä pri malých remeniciach, ktoré sa v domácej dielni používajú najčastejšie.

Zo štyroch veličín d , D , n a N môžu byť tri určené nezávisle (dané napr. elektromotorom, remenicou, ktorú máme k dispozícii, alebo zvolené) štvrtú treba vypočítať. Praktický postup je opísaný na konci článku.

Dĺžka remeňa a vzdialenosť osí

Dĺžka remeňa, ktorá je vyznačená na jeho štítku, značí vnútornú dĺžku, t. j. dĺžku meranú na vnútornom obvode. Výpočtová dĺžka remeňa s meno-

vitou šírkou 10 mm je o 25 mm väčšia. Aby nedošlo k omylu, je v nasledujúcich vzorcoch uvedená vždy len vnútorná dĺžka L , ktorá zodpovedá označeniu na štítku remeňa. Vzorce však nesmieme použiť pre remene s inou menovitou šírkou než 10 mm.

Vnútornú dĺžku remeňa musíme zvoliť len z radu dĺžok, ktoré sa vyrábajú. Pre menovitú šírku 10 mm sú normalizované dĺžky (v mm): 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800, 2000, 2240 a 2500. To znamená, že zväčša musíme konštrukciu zariadenia prispôbiť jestvujúcej dĺžke remeňa, a to buď zmenou osovej vzdialenosti A (obr. 4), alebo vhodnou voľbou priemerov remenic.

Presný výpočet dĺžky remeňa pre dané výpočtové priemery remenic d a D a pre danú osovú vzdialenosť A je dosť komplikovaný. Veľká presnosť výpočtu nemá praktický význam, lebo výrobný závod má pre dĺžku vyrábaných klinových remeňov povolenú pomerne širokú toleranciu. Číselné hodnoty tolerancií podľa ČSN sú uvedené v tab. 1. Ak kúpime teda napr. klinový remeň rozmerov 10X900 mm, môže byť jeho skutočná vnútorná dĺžka v rozmedzí od 892 do 914 mm.

Pri nasadzovaní remeňa na remenice treba priblížiť vzájomne ich osi natoľko, aby sa remeň pri preťahovaní cez vonkajší priemer remenice nepoškodil. Je to tým dôležitejšie, čím je remeň kratší. Osová vzdialenosť remenic musí preto byť nastaviteľná. Medze na prestavenie osovej vzdialenosti sú takisto normalizované a hodnoty predpísaných osových vzdialeností X a Y podľa ČSN uvádza tab. 1. Ak poznáme priemery remenic d a D a osovú vzdialenosť A , vypočítame potrebnú vnútornú dĺžku remeňa približne zo vzorca

$$L = 2A + 1,57 (D + d) - 25.$$

Všetky rozmery sa dosadia v milimetroch. Podľa vypočítanej dĺžky vyberie-

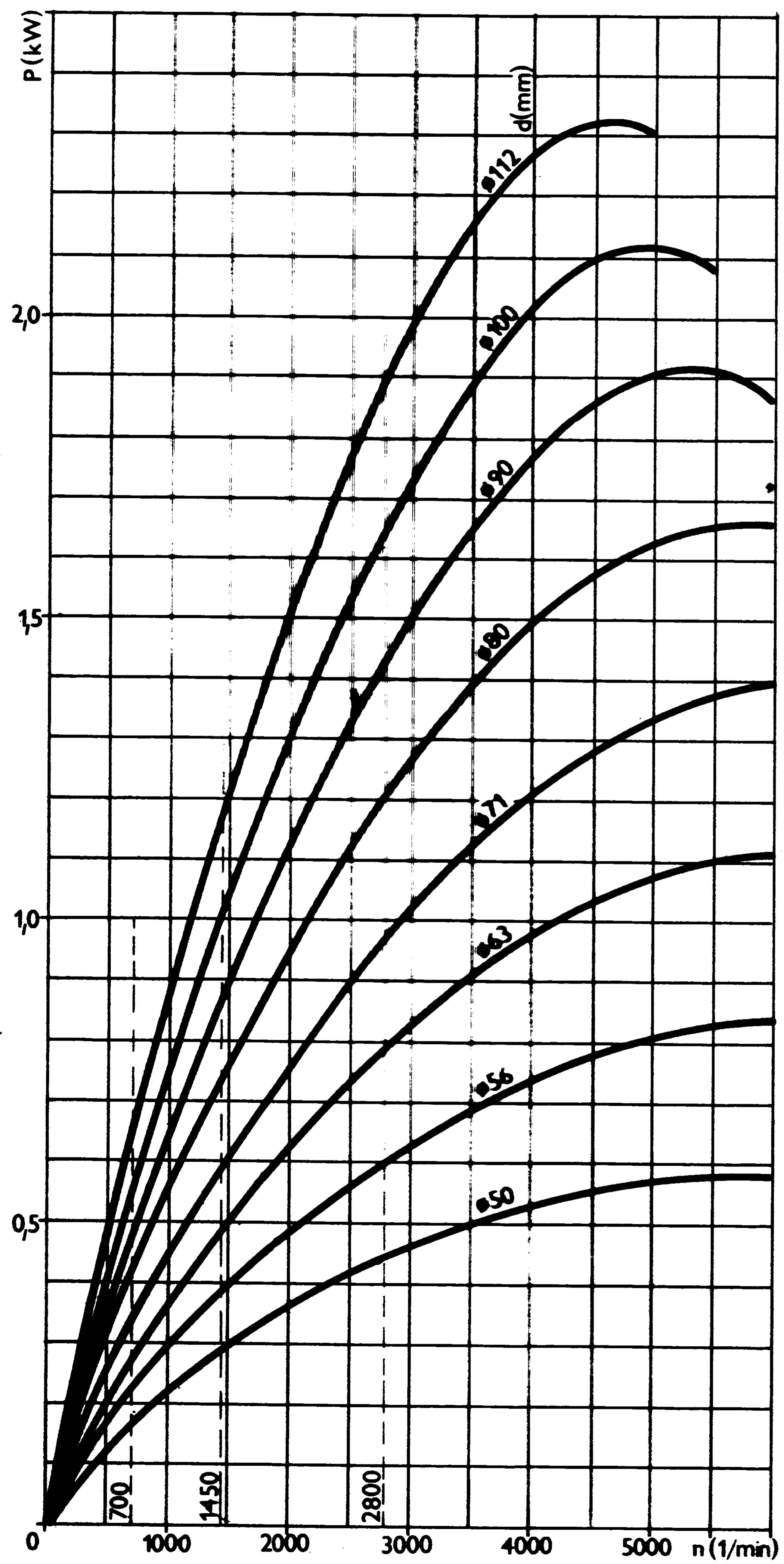
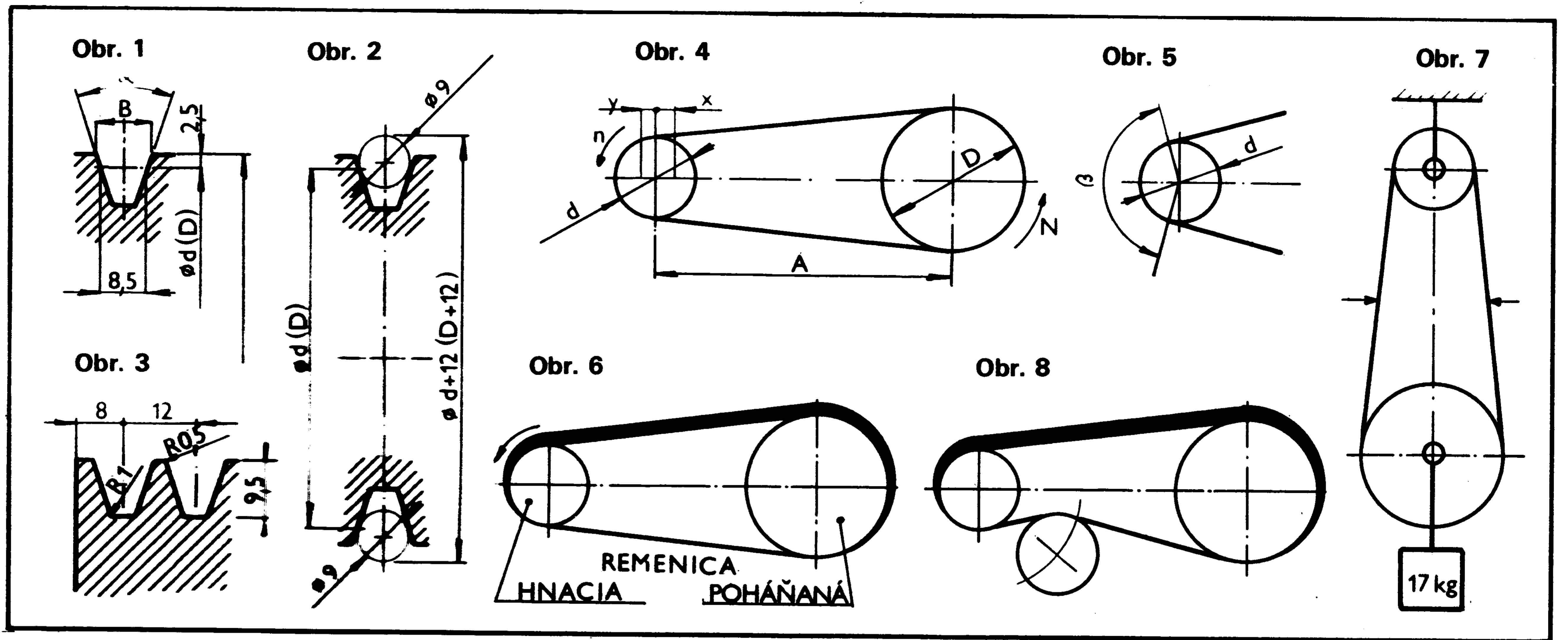


Diagram 1. Výkon jednoho remeňa šířky 10 mm

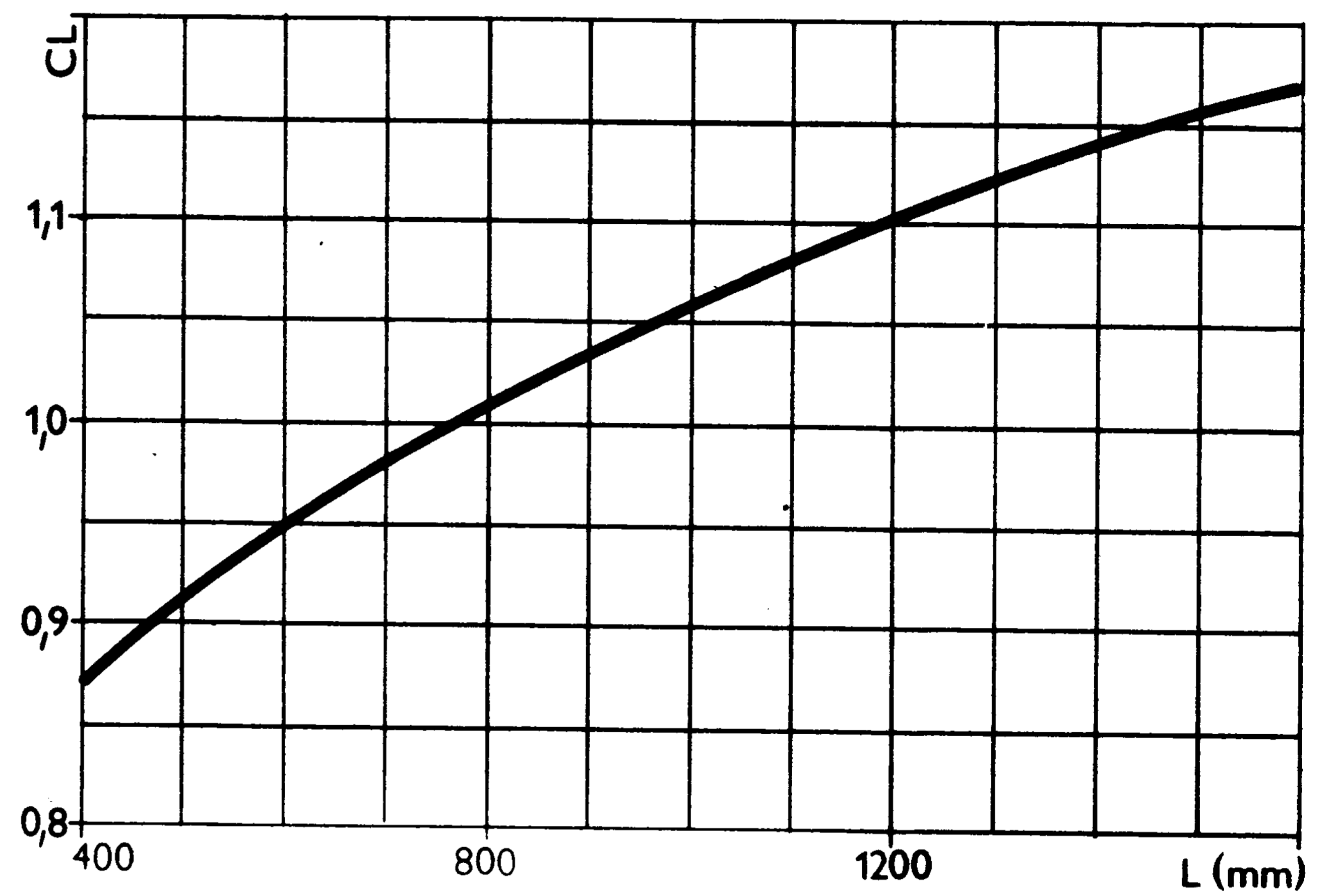


Diagram 2. Opravný koeficient C_L

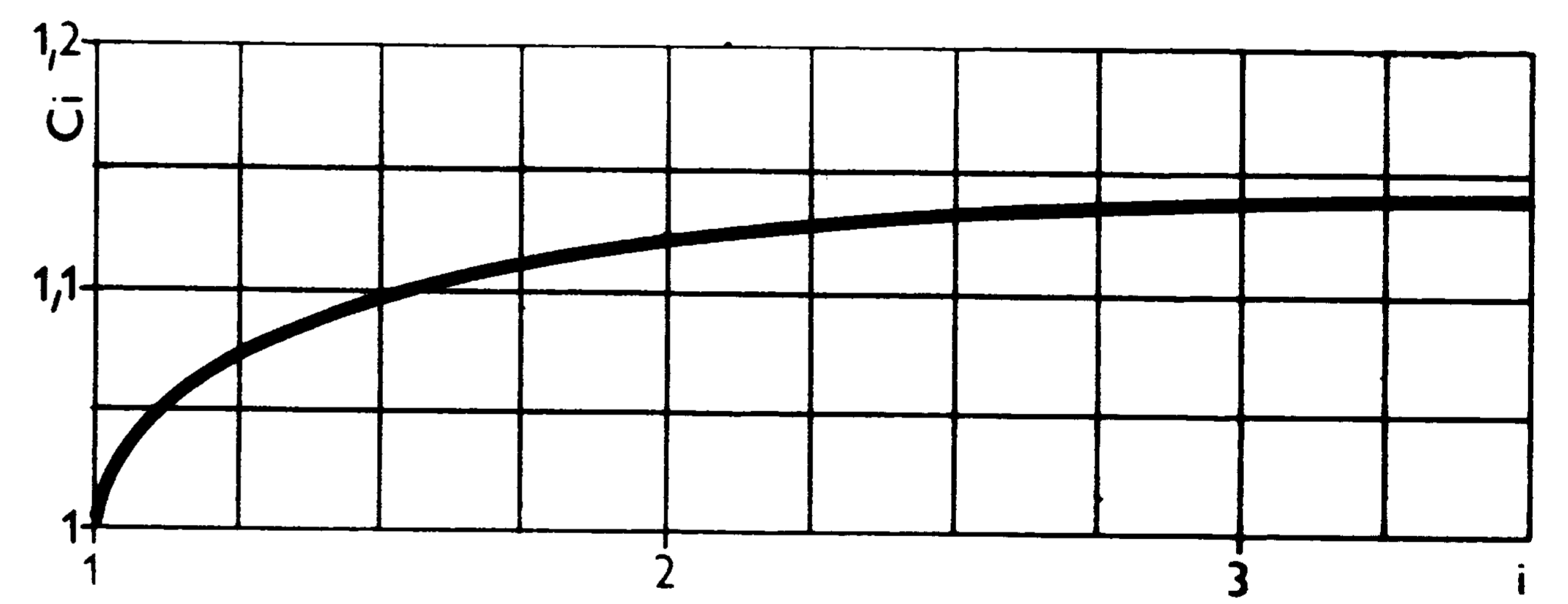


Diagram 3. Opravný koeficient C_i

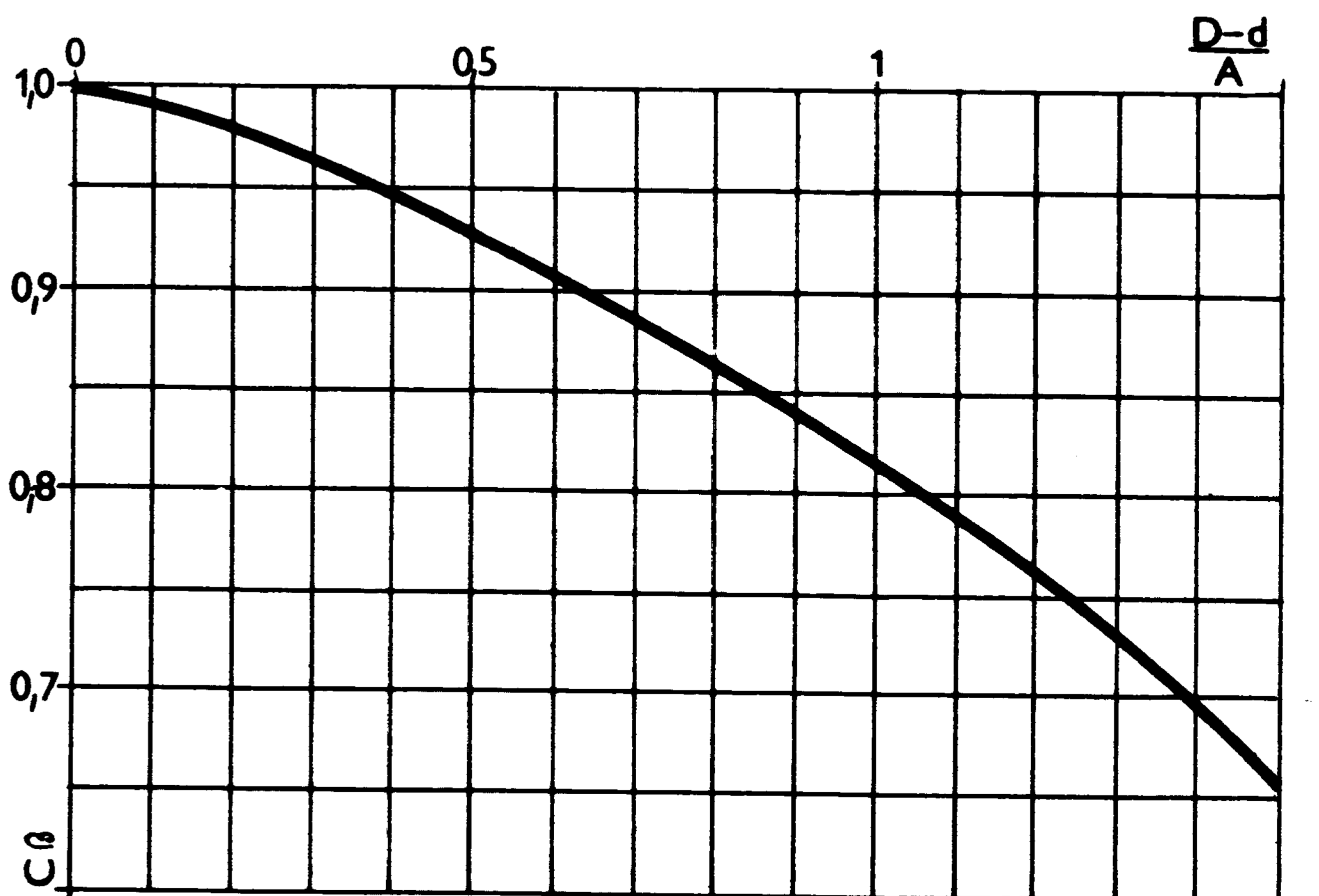


Diagram 4. Opravný koeficient C_{β}

me najbližšiu normalizovanú dĺžku a určime skutočnú osovú vzdialenosť zo vzorca

$$A = 0,5 L - 0,79 (D + d) + 12,5.$$

Ak je rozdiel priemerov väčší než 50 mm, určime ešte korekciu

$$0,125 (D - d)^2 \frac{1}{A},$$

ktorú od vypočítaného A odpočítame. Ak z nejakého dôvodu nemôžeme zmeniť osovú vzdialenosť podľa normalizovanej dĺžky remeňa, musíme prispôbiť priemery remenic. Pritom samozrejme vyžadujeme, aby sa prevodový pomer dodržal. Potom vypočítame potrebný priemer menšej remenice zo vzorca

$$d = 0,637 (L - 2A + 25) \frac{1}{i+1}$$

a priemer väčšej remenice zo vzorca

$$D = i \cdot d$$

Výpočet je opäť približný.

Prenášaný výkon

Jeden klinový remeň je schopný prenášať len určitý výkon, ktorý je tým vyšší, čím väčšia je obvodová rýchlosť remeňa. Zvyšuje sa teda s otáčkami a s priemerom menšej remenice. Pri zvyšovaní obvodovej rýchlosti sa však zväčšuje odstredivá sila pôsobiaca na remeň, ktorá ho na remenici uvoľňuje, takže po dosiahnutí istého maxima prenášaný výkon zasa klesá. Podľa diagramu 1 si môžeme určiť najväčší prenášaný výkon jedného remeňa s menovitou šírkou 10 mm.

Vplyvom ohybania na remenici a trením o boky jej drážky sa remeň zahrieva. Ak nemá dôjsť k prehriatiu, musí sa vznikajúce teplo odvádzať do okolia. Odvod tepla je tým väčší, čím je remeň dlhší, t. j. čím viac času má na ochladenie medzi remenicami. Istý vplyv má aj pomer priemerov remenic. Čím väčší je prevodový pomer, tým priaznivejšie je odvádzanie vznikajúceho tepla. Diagram 1 platí pre dĺžku remeňa približne 800 mm a pre prevodový pomer $i = 1$. Pre inú dĺžku než 800 mm vyhľadáme v diagrame 2 opravný koeficient CL. Podobne určíme z diagramu 3 opravný koeficient Ci pre iný prevodový pomer než 1.

Posledný dôležitý vplyv na prenášaný výkon má uhol opásania β menšej remenice (obr. 5). Diagram 1 platí pre $d = D$, t. j. pre uhol $\beta = 180^\circ$. Ak je uhol β menší, prenášaný výkon sa znižuje. Aby sme nemuseli počítať uhol β pomocou trigonometrie, vypo-

čítame si podľa diagramu 4 opravný koeficient C β v závislosti od podielu

$$\frac{D - d}{A}$$

Pri výpočte skutočného výkonu jedného remeňa P1 vynásobíme hodnotu P z diagramu 1 opravnými koeficientami CL, Ci a C β z diagramov 2, 3 a 4:

$$P1 = P \cdot CL \cdot Ci \cdot C$$

Vplyv prevádzkového zaťaženia, ktorý sa predpokladá pri priemyselných pohonoch, nie je pre domáce zariadenia dôležitý.

Ak nestačí pre vyžadovaný výkon jeden remeň, usporiadame prevod s dvoma remeňmi vedľa seba. Pri nákupe remeňov musíme uviesť, že ide o tento druh prevádzky, aby sme dostali remene s rovnakou toleranciou dĺžky. Ak na vyžadovaný výkon nestačia ani dva remene, je lepšie použiť remeň s väčšou menovitou šírkou. Dodržanie presnosti, ktorá je pre tri a viac paralelných remeňov nevyhnutná, je totiž v domácej dielni ťažké.

Napínanie remeňov

Niekedy si ani neuvedomujeme, že pri prevádzke prenáša výkon len jedna časť remeňa. Na obr. 6 je nakreslený prípad, keď menšia remenica slúži ako hnacia (napr. remenica na hriadeľ elektromotora) a väčšia ako poháňaná. Pri vyznačenom smere otáčania prenáša výkon hrubo znázomená časť remeňa, tenšou čiarou nakreslená časť je odľahčená. Kým v zaťaženej časti sa pružný remeň predlžuje, v odľahčenej časti sa naopak uvoľňuje. Aby pritom remeň neprekážal, potrebuje primerané predpätie. Podľa ČSN má sa napínacia sila rovnať 1,5- až 2- násobku prenášanej sily. V domácej dielni nemáme možnosť napínaciu silu merať. Preto napíname remene zväčša podľa citu, a to podľa odporu, ktorý napätý remeň kladie proti pretlačeniu uprostred voľnej dĺžky. Meradlo na správny odhad môžeme získať tak, že remeň zavesený na

odmontovaných remeniach zaťažíme závažím s hmotnosťou 17 kg (obr. 7). Takéto predpätie zodpovedá podľa ČSN najväčšiemu prenášanému výkonu remeňa s menovitou šírkou 10 mm. Ak nie je remeň pri prevádzke naplno zaťažený, môže byť predpätie menšie.

Aj v domácej dielni sa môže vyskytnúť zariadenie, keď vzdialenosť osí oboch remenic musí byť pevná a nemôže sa meniť. V takom prípade možno remeň napínať napínacou kladkou (obr. 8). Napínacia kladka beží po vonkajšom povrchu remeňa (remeňov) a má rovný povrch bez drážok. Jej priemer volíme taký istý ako vonkajší priemer malej remenice alebo trochu väčší. Napínaciu kladku umiestnime do blízkosti menšej remenice, a to do odľahčenej časti remeňa (pozri obr. 8). Uložíme ju pokiaľ možno tak, aby sa jej čap pri napínaní pohyboval po kružnici sústredenej s osou menšej remenice. Pritláčame ju zvyčajne skrutkou. Pritláčanie napínacej kladky závažím alebo pružinou, ako to bolo pri plochých remeňoch, nemá pri klinových remeňoch význam a zapríčiňuje zväčša nežiaduce rozkmitanie. Použitie napínacej kladky je výhodné na zväčšenie uhla opásania menšej remenice. Nevýhodou je prehybanie remeňa v opačnom smere, ktoré skracuje jeho životnosť.

Príklad

Máme navrhnuť pohon cirkulárky $\varnothing 200$ mm elektromotorom, ktorý má otáčky 2860 min^{-1} a výkon 2,2 kW. Odporúčané otáčky píly pre reznú rýchlosť 60 m s^{-1} sú 5750 min^{-1} . Na hriadeľ cirkulárky máme k dispozícii remenicu s vonkajším priemerom 76 mm. Osová vzdialenosť hriadeľov by mala byť 320 mm.

Postup výpočtu: Prevod

$$i = \frac{5750}{2860} = 2,01$$

Výpočtový priemer malej remenice

$$d = 76 - 5 = 71 \text{ mm}$$

Tabuľka 1

Rozsah dĺžok klinového remeňa s menovitou šírkou 10 mm L (mm)	Povolená tolerancia dĺžky pri výrobe remeňov (mm)	Predpísaná prestavitelnosť osovej vzdialenosti podľa obr. 4 X; Y (mm)
400 až 500	+12; -7	16; 8
560 až 900	+14; -8	28; 14
1000 až 1250	+18; -10	38; 19
1400 až 1600	+21; -12	48; 24
1800 až 2000	+23; -12,5	60; 30
2240 až 2500	+25; -12,5	76; 38

Výpočtový priemer veľkej remenice

$$D = 71 \cdot 2,01 = 142,7 \text{ mm}$$

Zaokrúhlime na 143 mm.

Dĺžka remeňa

$$L = 2 \cdot 320 + 1,57 (143 + 71) - 25 = 951 \text{ mm.}$$

Z normalizovaných dĺžok si musíme vybrať buď 900 mm, alebo 1000 mm. Ak si vyberieme napr. 900 mm, môžeme vypočítať skutočnú osovú vzdialenosť:

$$A = 0,5 \cdot 900 - 0,79 (143 + 71) + 12,5 = 293,4 \text{ mm.}$$

Keďže rozdiel výpočtových priemerov obidvoch remenic je väčší než 50 mm, vypočítame ešte korekciu

$$0,125^2 \frac{1}{293,4} = 2,2 \text{ mm,}$$

ktorú musíme od A odpočítať. Správna osová vzdialenosť teda bude

$$293,4 - 2,2 = 291,2 \text{ mm.}$$

Keby sme trvali na osovej vzdialenosti 320 mm, museli by sme zmeniť priemery obidvoch remenic. Pre pre-

vodový pomer $i = 2,01$ vypočítame:

$$d = 0,637 (900 - 2 \cdot 320 + 25)$$

$$\frac{1}{2,01 + 1} = 60,3 \text{ mm.}$$

Zaokrúhlime na 60 mm a vypočítame

$$D = 60 \cdot 2,01 = 120,6 \text{ mm.}$$

Zaokrúhlime na 121 mm a skontrolujeme osovú vzdialenosť:

$$A = 0,5 \cdot 900 - 0,79 (121 + 60) + 12,5 = 319,5 \text{ mm}$$

S korekciou

$$0,125 (121 - 60)^2 \frac{1}{319,5} = 1,5 \text{ mm,}$$

ktorú musíme odpočítať a vyjde skutočná osová vzdialenosť

$$319,5 - 1,5 = 318.$$

Ak vezmeme do úvahy, že vzhľadom na povolenú toleranciu môže byť vnútorná dĺžka remeňa v rozmedzí 892 až 914 mm, a urobíme výpočet osovej vzdialenosti pre obidve krajné hodnoty dĺžky, dostaneme osovú vzdialenosť v rozmedzí 314 až 325 mm.

Z toho vidíme, že pri výpočte osovej vzdialenosti skutočne nemá význam veľmi veľká presnosť a že ani zane-

dbanie korekcie by nezapríčiniło závažnú chybu. Ak vezmeme za základ osovú vzdialenosť 320 mm a urobíme jej prestavitelnosť podľa tab. 1, t. j. v rozmedzí

$$320 - 28 = 292 \text{ mm,}$$

$$320 + 14 = 334 \text{ mm,}$$

bude to určite vyhovovať.

Predpokladajme, že zostaneme pri prvej alternatíve, t. j. $d = 71$, $D = 143$ a $L = 900$ mm. Z diagramu 1 určíme pre $d = 71$ a otáčky $n = 2860 \text{ min}^{-1}$ výkon 0,98 kW. Z diagramu 2 určíme pre $L = 900$ opravny koeficient $CL = 1,03$ a z diagramu 3 pre $i = 2,01$ opravny koeficient $Ci = 1,125$. Ďalej vypočítame opásanie

$$\frac{D - d}{A} = \frac{143 - 71}{291} = 0,25$$

a z diagramu 4 určíme opravny koeficient $C\beta = 0,97$. Skutočný prenesený výkon $P1$ jedného remeňa bude

$$0,98 \text{ kW} \cdot 1,03 \cdot 1,125 \cdot 0,97 = 1,09 \text{ kW.}$$

Potrebný výpočet remeňov pre elektromotor s výkonom 2,2 kW bude

$$\frac{2,2}{1,09} = 2,0.$$

Pre silnejší elektromotor by sme radšej použili väčšiu menovitú šírku remeňa.

ING. JAN RYBÁŘ