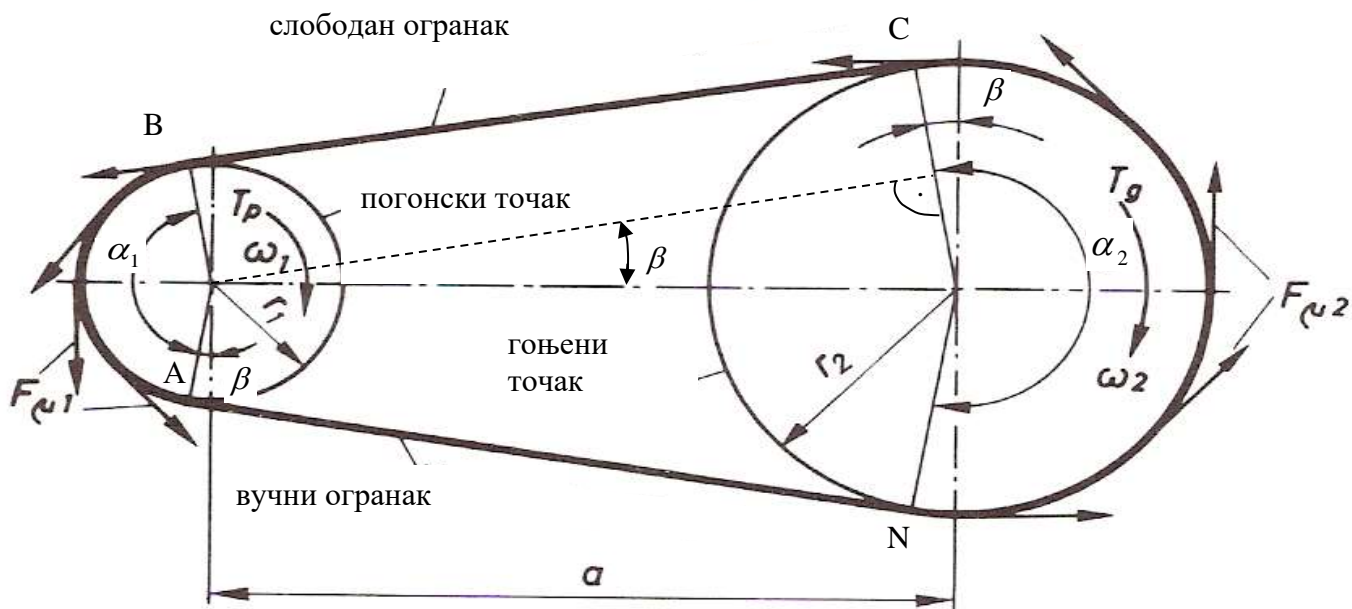


КАИШНИ И РЕМЕНИ ПАРОВИ

преносе снагу помоћу отпора клизању између **еластичних елемената правоугаоног попречног пресека – каиша** или **трапезног попречног пресека – ремена** и **точкова – каишника** односно **ременица**. Посебну врсту чине зупчани каишни парови.

Ремени парови се примењују за вратила са паралелним осама док се каишни парови примењују за паралелна вратила (као отворени парови – смерови обртања на оба вратила су исти, као укрштени парови са спротним смеровима обртања), за мимоилазна вратила. Каиши укрштених и мимоилазних парова изложени су увијању и имају врло неповољно напонско стање па се примењују у изузетним случајевима. Каишним и ременим паровима се може преносити снага и на више вратила.



Отворени каишни или ремени пар

Предности у односу на друге преносне парове су: једноставност облика точкова каиша и ремена, мали трошкови производње и одржавања, могућност преноса снаге између вратила већих осних растојања, велика еластичност каиша и ремена тј. могућност пригушивања промењивих оптерећења и удара, способност проклизавања при преоптерећењима тј. заштита других елемената од преоптерећења.

Због мале чврстоће еластичних елемената и због потребних великих сила у каишима и ременима да би се остварио довољан отпор клизању у односу на друге преносне парове имају велике мере, изазивају велике радијалне силе на вратилима, преносни однос при промењивим величинама обртних момената није константан и постоји одређена могућност проклизавања ако настану већа истезања каиша и ременова у току времена или промена величине коефицијента клизању на додирним површинама.

Примеују се за пренос мањих снага при мањим угаоним брзинама ако услови и захтев преноса снаге дају већу тежину наведеним предностима (до 20 KW , $i \leq 5$, $v = 5$ до $30 \frac{m}{s}$, ако је

$v < 5 \frac{m}{s}$ ремени преносник је сувише велики па се у тим случајевима примењује ланчани пар)

Материјал, димензије и начин састављања пљоснатог ремена – каиша у књизи М.Е. П стр. 157, облици ременица за пљоснате ременове стр. 159. Клинасти ремени и облици ременица стр. 160, 161, 162.

Мере ремених парова

r_1 и r_2 - полупречници одговарајућих ременица,
 α_1 и α_2 - обвојни – обухватни углови,
 ω_1 и ω_2 - угаоне брзине,

Осно растојање a

Велико осно растојање захтева веће габарите преносника – дужине ремена, већу цену и може довести до појаве осцилација.

Мало осно растојање доводи до смањења обвојног угла и мањег века ремена јер имамо фреквенцију савијања већу.

$a = (0,6 \div 2) \cdot (d_1 + d_2)$ за пљоснате ремене парове (најповољније)

$a = (1,2 \div 2) \cdot (d_1 + d_2)$ за клинасте ремене парове (најповољније)

Обвојни углови

је угао који одговара обухватном углу тј. луку ремена који обавија ременицу. У раду ременог преносника обвојни углови се мало мењају, али као меродавни се узимају они при мировању:

$$\alpha_1 = \pi - 2 \cdot \beta \quad \frac{\alpha_1}{2} = \frac{\pi}{2} - \beta \quad \Rightarrow \cos \frac{\alpha_1}{2} = \sin \beta$$

$$\alpha_2 = \pi + 2 \cdot \beta \quad \frac{\alpha_2}{2} = \frac{\pi}{2} + \beta, \text{ са слике на стр. 1} \quad \sin \beta = \frac{r_2 - r_1}{a} = \frac{d_2 - d_1}{2 \cdot a}$$

Дужина ремена L_p

Састоји се од лучних делова \widehat{AB} и \widehat{CN} и праволинијских делова \overline{AN} и \overline{BC} где је:
 $\overline{AN} + \overline{BC} = 2 \cdot a \cdot \cos \beta$

$$\begin{aligned} L_p &= r_1 \cdot \alpha_1 + r_2 \cdot \alpha_2 + 2 \cdot a \cdot \cos \beta = r_1 \cdot (\pi - 2 \cdot \beta \cdot \frac{\pi}{180^\circ}) + r_2 \cdot (\pi + 2 \cdot \beta \cdot \frac{\pi}{180^\circ}) + 2 \cdot a \cdot \cos \beta = \\ &= (r_1 + r_2) \cdot \pi + (r_2 - r_1) \cdot \beta \cdot \frac{\pi}{90^\circ} + 2 \cdot a \cdot \cos \beta \end{aligned}$$

Прорачунату дужину ремена треба прилагодити стандардној дужини па одредити осно

$$\text{растојање: } a = \frac{1,01 \cdot L_p - (r_1 + r_2) \cdot \pi - \frac{\pi \cdot \beta \cdot (r_2 - r_1)}{90^\circ}}{2 \cdot a \cdot \cos \beta}, \text{ рачуна се да ће се ремен истегнути } 1 \%$$

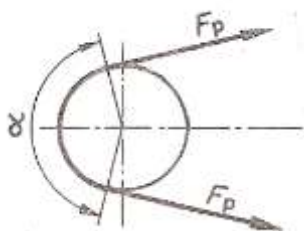
Затезање ремена и оптерећења вратила

У стању мировања издужење ремена је исто у оба крака. Резултанта која делује на мање тј. Веће ременице једнака је векторском збиру сила у крацима: $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Да би се омогућило преношење обртног момента, ремен мора бити затегнут силом F_p која је једнака целом дужином ремена:

$$F_1 = F_2 = F_p \text{ у стању мировања}$$

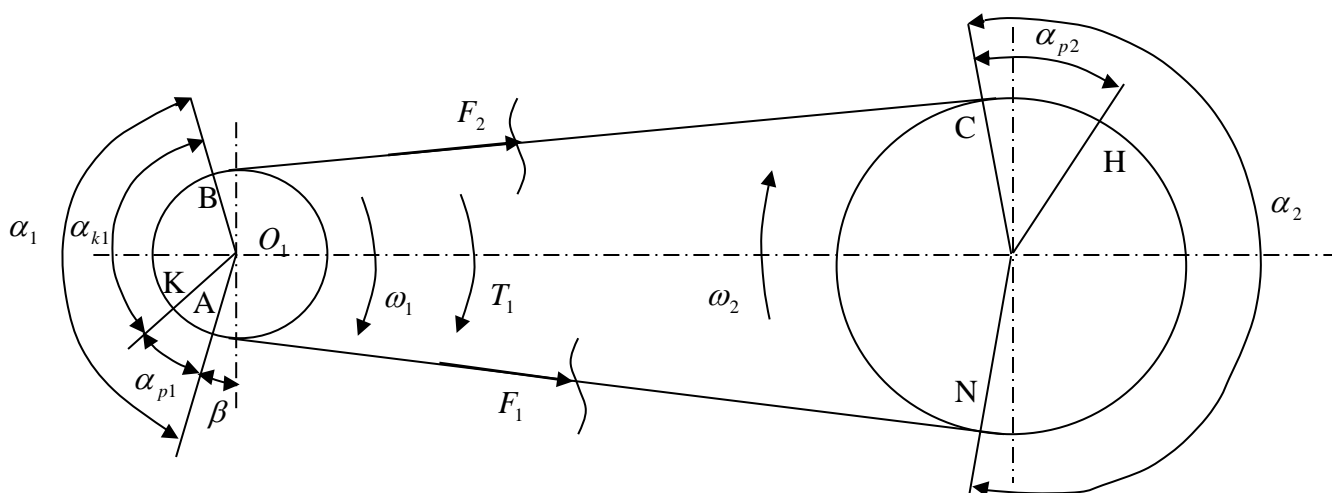
$$F_p \text{ сила претходног притезања}$$

$$F_1 + F_2 = 2 \cdot F_p$$



Силе у крацима за време кретања

\widehat{CH} - лук мировања, \widehat{HN} - лук клизања, \widehat{AK} - лук мировања, \widehat{KB} - лук клизања,



Под оптерећењем од обимне силе F_t мења се затезање у крацима ремена:

у радном краку се повећава до силе F_1 , у слободном краку – огранку се смањује до силе F_2 .

Са одговарајућом променом затезања мења се издужење ремена:

у радном краку – вучном краку се повећава

у слободном краку се смањује

За време кретања ремена јаче затегнут огранак се назива радни (вучни или погонски) крак, а слабије затегнут – слободан – гоњени крак.

Радни крак ремена је онај део ремена који у посматраном тренутку наилази на погонску ременицу 1, а слободни огранак је онај који у истом тренутку силази с погонске ременице 1. Због сопствене тежине ремена погодније је када је радни крак испод слободног јер је онда обвојни угао већи.

Тако разликујемо силу у радном и силу у слободном краку ремена. За разлику од мировања за време кретања сила у радном краку F_1 је већа од силе у слободном краку F_2 .

Из услова равнотеже – суме момената за осу O_z тј. за тачку O_1 имамо:

$$\Sigma M_{O_z} = T_1 - F_1 \cdot r_1 + F_2 \cdot r_1 = 0 \Rightarrow T_1 = (F_1 - F_2) \cdot r_1 \Rightarrow F_t \cdot r_1 = (F_1 - F_2) \cdot r_1 \Rightarrow F_t = F_1 - F_2$$

F_1 - сила у радном краку,

F_2 - сила у слободном краку,

Пошто под оптерећењем општа дужина ремена L_p остаје непромењена, то у оба крака сила оптерећења остаје непромењена, као у празном ходу:

$$F_1 + F_2 = 2 \cdot F_p,$$

Где је:

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = F_p + \Delta F \\ F_2 = F_p - \Delta F \end{array} \right\} \text{ Овај услов мора да буде задовољен у сваком тренутку времена рада преносника, па пошто је } F_t = F_1 - F_2 \text{ то се долази до везе између силе у}$$

крацима ремена, силе притезања и обимне силе:

$$\left. \begin{array}{l} F_1 + F_2 = 2 \cdot F_p \\ F_1 = F_p + \Delta F \\ F_2 = F_p - \Delta F \end{array} \right\} \Rightarrow F_1 - F_2 = 2 \cdot \Delta F = F_t \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \Delta F = \frac{F_t}{2} \\ \Rightarrow F_1 = F_p + \frac{F_t}{2} \\ F_2 = F_p - \frac{F_t}{2} \end{array} \right\}$$

Еластично клизање код ремених преносника

За време мировања ремен је затегнут силом F_p , а силе у крацима су међусобно једнаке

$$F_1 = F_2 = F_p.$$

У раду силе у крацима су различите $F_1 \neq F_2$.

Због разлике силе у крацима свака тачка ремена при преласку преко погонске ременице прелази из стања већег затезања у стање мањег затезања, код гоњене ременице је обрнуто. Ако би ремен био нерастегљив не би било никакве промене брзине тачке ремена при преласку са радног на слободни крак и обрнуто. Брзине свих тачака би биле исте, али услед истезања ремена брзина тачке која наилази у област већег оптерећења има већу брзину, јер се брзини сопственог кретања додаје брзина услед промене дужине ΔL , услед тога настаје разлика брзина тачака радног (v_1) и слободног (v_2) крака:

$$v_1 - v_2 = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Дакле ремен преласком преко ременице мења своју брзину, а пошто је обимна брзина ременице иста (у свим тачкама обима), настаје клизање. Ово клизање настаје као последица еластичних деформација ремена услед неједнаких сила у крацима ремена па се зато назива еластично клизање.

При нормалном раду еластично клизање не настаје на целом додирном луку него само на једном његовом делу тако да се разликује лук еластичног клизања и лук мировања.

Повећањем разлике сила у крацима лук еластичног клизања расте, а лук мировања опада, па кад постане једнак нули долази до потуног проклизавања ремена и лук еластичног клизања је једнак обвојном углу.

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_k \text{ угао клизања} \\ \alpha_p \text{ угао мировања, пријањања} \end{array} \right\} \alpha_p = 0 \Rightarrow \alpha_k = \alpha$$

При једнаким коефицијентима трења на оба каишника – ременице су исти углови клизања. Гранична вредност ових углова биће величина мањег обвојног угла посматраног пара каишника. Коефицијент клизања је однос разлика обимних брзина и обимне брзине гоњене ременице:

$$\xi = \frac{v_1 - v_2}{v_2} = \frac{\Delta v}{v_2} \Rightarrow (\xi + 1) \cdot v_2 = v_1 \Rightarrow v_2 = \frac{1}{1 + \xi} \cdot v_1 = \xi_k \cdot v_1$$

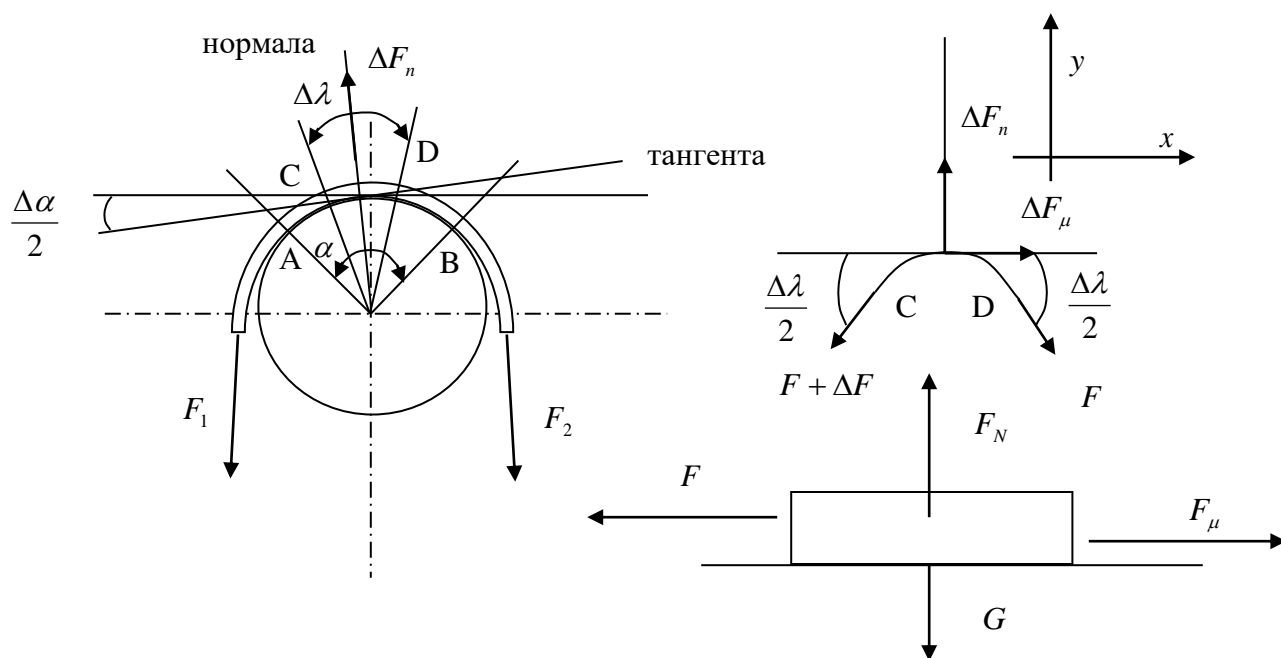
$$\xi_k = 0,98 \dots 0,995 \quad \text{средња вредност } \xi_k = 0,985 \text{ – фактор клизања,}$$

Преносни однос:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{r_2}{r_1} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{v_2 + \Delta v}{v_2} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \left(1 + \frac{\Delta v}{v_2}\right) = \frac{r_2}{r_1} \cdot (\xi + 1) = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{1}{\xi_k}$$

За одређивање везе између сила $\frac{F_1}{F_2}$ користи се основни услов клизања крутог тела по равној

подлози. Ако су спољне силе које делују на слободне крајеве ремена F_1 и F_2 међусобно једнаке нема никаквог клизања ремена по ременици. Овакво стање одржава се при повећању силе F_1 а смањењу силе F_2 све док њихова разлика не постане једнака F_μ . Чим се ова вредност прекорачи настаје клизање и тада је разлика сила у крацима једнака сили трења. За одређивање силе потребна је веза сила F_1 и F_2 која се одређује променом силе F у траци на елементарном луку траке која одговара углу $\Delta\lambda$. Водећи рачуна о вези силе трења ΔF_μ и нормалне силе ΔF_n у истој тачки. Сила трења има правац тангенте у посматраној тачки, а смер јој је супротан смеру брзине траке. Сила у траци се мења од тачке А где износи F_1 до тачке В где износи F_2 , тз. да се од тачке D до тачке С она промени са вредности F на $F + \Delta F$:



$$\Sigma x = F \cdot \cos \frac{\Delta\lambda}{2} + \Delta F_\mu - (F + \Delta F) \cdot \cos \frac{\Delta\lambda}{2} = 0 \Rightarrow \Delta F_\mu = \Delta F \cdot \cos \frac{\Delta\lambda}{2}$$

(тежи 0) $\Rightarrow \Delta F_\mu \rightarrow \Delta F$

$$\Sigma y = \Delta F_n - (F + \Delta F) \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2} - F \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2} = 0 \Rightarrow \Delta F_n = 2 \cdot F \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2} + \Delta F \cdot \sin \frac{\Delta\lambda}{2}$$

Из математике је позната релација: за врло мале углове $\frac{\Delta\lambda}{2} \rightarrow 0 \Rightarrow \sin \frac{\Delta\lambda}{2} \rightarrow \frac{\Delta\lambda}{2}$, па

посматрајући задњу једначину добијамо:

$$\Delta F_n = 2 \cdot F \cdot \frac{\Delta\lambda}{2} + \Delta F \cdot \frac{\Delta\lambda}{2}, \text{ може се усвојити да је производ две величине које су веома мале:}$$

$$\Delta F \cdot \frac{\Delta\lambda}{2} \approx 0, \text{ па се добија, узимајући у обзир релацију } \Delta F_\mu = \mu \cdot \Delta F_n :$$

$\frac{1}{\mu} \cdot \Delta F_\mu = F \cdot \Delta\lambda$ из последње једначине се вишом математиком добија однос сила у вучном и

слободном краку ремена: $\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\alpha} \dots (1)$

μ коефицијент трења за пласнате ремене Т. 4. 14.

$\mu = 0,3$ између клинастих ремена и ременице

У тренутку кад настаје клизање важи релација: $F_1 - F_2 = F_\mu \dots (2)$

Комбиновањем једначина (1) и (2) добијамо:

$$F_\mu = F_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{\mu\alpha}}\right) = F_1 \cdot (1 - e^{-\mu\alpha})$$

$$F_\mu = F_2 \cdot (e^{\mu\alpha} - 1)$$

Из услова равнотеже у тренутку кад постоји клизање дошли смо до веза између сила у крацима ремена:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \leq \frac{F_1}{F_2} \leq e^{\mu\alpha} \dots (a) \\ F_1 - F_2 = F_\mu \dots (b) \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} F_1 = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot F_\mu \\ F_2 = \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot F_\mu \end{array}$$

тј. $F_1 + F_2 = 2 \cdot F_p = \frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot F_\mu \dots (c)$

На основу једначине (c) долази се до израза за силу у тренутку почетка клизања:

$$F_\mu = 2 \cdot F_p \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}, \alpha - \text{обвојни угао мањег каиша}$$

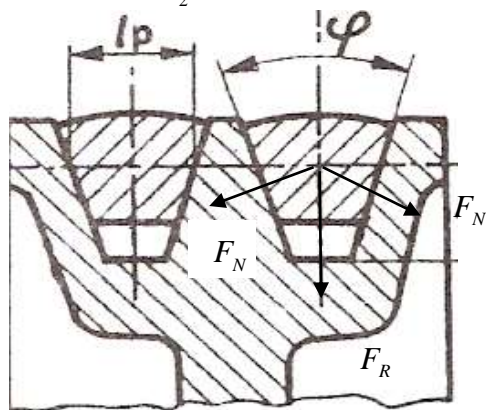
У раду мора бити испуњен услов да је обимна сила мања од критичне силе трења: $F_t \leq F_{\mu kr}$,

односно степен сигурности против клизања мора имати вредности: $S_\mu = \frac{F_\mu}{F_t} > 1$

Обимна сила се рачуна: $F_t = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot T_2}{d_2}$, а потребно је остварити услов: $F_p = \frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot \frac{F_t}{2} \cdot S_\mu$,

граничан услов је: $F_\mu = F_t \Rightarrow F_1 = \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot F_t, F_2 = F_t \cdot \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}$,

Однос сила $\frac{F_1}{F_2}$ за клинасте ремене



Сила F_R притиска ремен уз жљеб ременице изазивајући силу $2 \cdot F_N$, обезбеђујући силу трења $F_\mu = 2 \cdot \mu \cdot F_N \geq F_t \dots (1)$

F_t - обимна сила

Из услова равнотеже сила се добија:

$$F_R = 2 \cdot F_N \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} (1) &\Rightarrow 2 \cdot F_N \geq \frac{F_t}{\mu} \\ (2) &\Rightarrow 2 \cdot F_N = \frac{F_R}{\sin \frac{\varphi}{2}} \end{aligned} \right\} F_t \leq F_R \cdot \frac{\mu}{\sin \frac{\varphi}{2}} = F_R \cdot \mu', \text{ где је: } \mu_{red} = \frac{\mu}{\sin \frac{\varphi}{2}}$$

Па се добијају једначине за клинасти ремени преносник:

$$F_\mu = 2 \cdot F_p \cdot \frac{e^{\frac{\mu \cdot \alpha}{\sin \frac{\varphi}{2}} - 1}}{e^{\frac{\mu \cdot \alpha}{\sin \frac{\varphi}{2}} + 1}} = 2 \cdot F_p \cdot \frac{e^{\mu' \cdot \alpha} - 1}{e^{\mu' \cdot \alpha} + 1}$$

Тежи се да угао клина буде мањи, али не сувише мали да не би дошло до загревања. Угао жлеба се узима за велике пресеке $\varphi = 38^\circ$, мали пресек $\varphi = 36^\circ, 34^\circ$, за сасвим мале пресеке 32° . Ако је $\mu = 0,26$ и $\varphi = 38^\circ \Rightarrow \mu' = \frac{0,26}{\sin 19^\circ} = 0,86 \Rightarrow \mu' \approx 3 \cdot \mu$.

Стандардни угао профила $\alpha = 40^\circ \pm 1$ Т 4. 15.

Затезање ремена

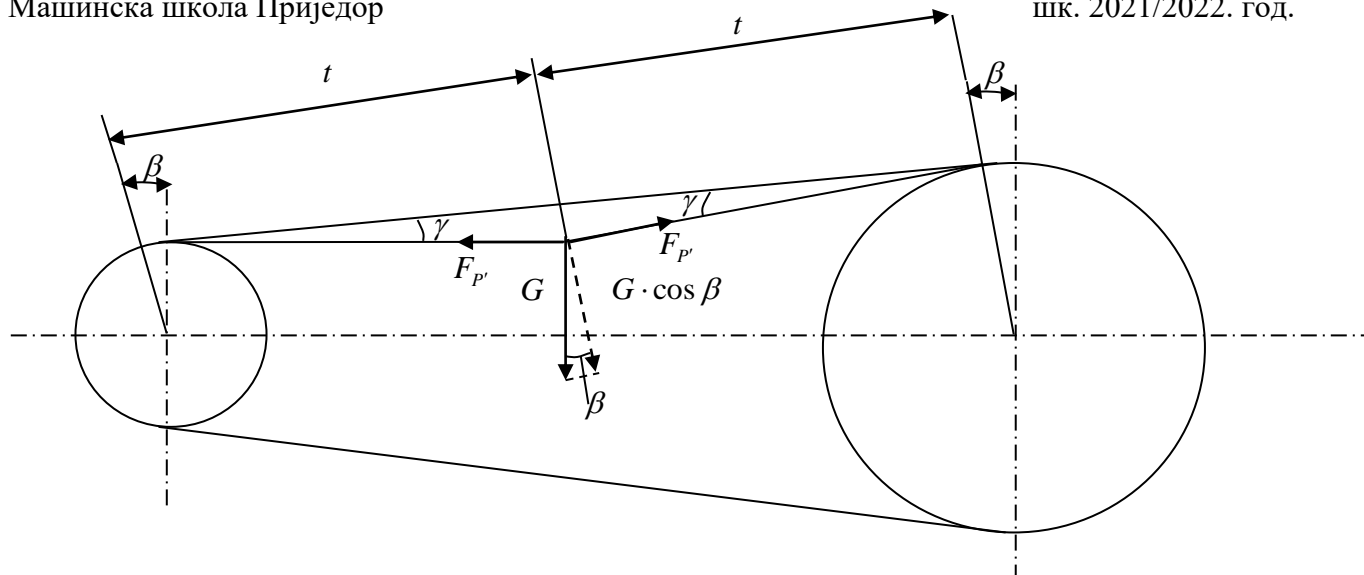
Ако се на средини крака ремена обеси тег, тада ће ремен добити облик на слици, са угибом f и нагибом γ . Угиб је утолико мањи уколико је ремен затегнутији

$$G = 2 \cdot F_p \cdot \sin \gamma$$

$\frac{G}{f}$ - крутост ремена, F_p' - последица вешања терета је нешто већа сила од силе $F_p \approx 20\%$,

$$F_p' = 1,2 \cdot F_p$$

$$\text{tg } \gamma = \frac{f}{t} \approx \sin \gamma, \quad t = \frac{a}{2} \cdot \cos \beta, \quad F_p' = \frac{1}{2} \cdot \frac{G}{\sin \gamma} = \frac{1}{2} \cdot G \cdot \frac{a \cdot \cos \beta}{2 \cdot f} = \frac{1}{4} \cdot \frac{G \cdot a \cdot \cos \beta}{f}, \text{ тј. } \frac{G}{f} = \frac{4 \cdot F_p'}{a \cdot \cos \beta}$$

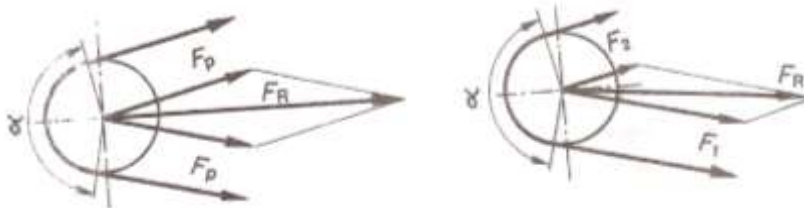


Сувишно затезање ремена доводи до повећања оптерећења на вратилу, лежиштима и смањује век трајања ремена. С повећањем затегнутости и вучна способност клинастих ремена се повећава али век трајања опада.

Величина силе G за каишеве се одређује према величини пресека, а с тим да угиб не буде мањи од $f > 0,016 \cdot a$, (a - осно растојање), а за ремен се одређује из таблица, зависно од врсте ремена.

Оптерећење вратила

Силе које оптерећују вратило представљају геометријски збир сила у огранцима.



После претходног притезања

У току рада

$$F_R = 2 \cdot F_p \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ - после претходног затезања,}$$

У току рада силе у огранцима су различите, па долази до померања нападне линије резултанте F_R у односу на средишњу осу, а резултанта сила која оптерећује вратило:

$$F_R = F_1 + F_2 = \frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha} - 1} \cdot F_t = 2 \cdot F_p$$

За практично израчунавање сила затезања тј. оптерећење вратила:

$$F_R = (2,5 \div 3,5) \cdot F_t \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ - за плjosнате ремене парове}$$

$$F_R = (1,5 \div 3) \cdot F_t \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \text{ - за клинасте ремене парове}$$

Напони у ремену

У стању мировања ремен је оптерећен силом претходног притезања F_p . За време рада преноси обртни момент T помоћу силе трења F_μ која има супротан смер кретању ремена тј од крака силе F_2 ка F_1 . Силе F_1 и F_2 напрежу ремен на затезање σ_z .

Преласком ремена преко ременице он се савија, имамо напон савијања σ_s . Ремен је изложен центрифугалној сили F_C , тежи да одвоји ремен од ременице, напреже ремен на затезање.

- Почетно напрезање:

За отворени ремени преносник у стању мировања или на празном ходу (трење у лежиштима је занемарљиво), имамо да је сваки крак ремена оптерећен силом F_p .

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A}, \quad \sigma_p = E_z \cdot \varepsilon = E_z \cdot \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{F_p}{A}$$

A - попречни пресек ремена,

$$\Delta l = \frac{F_p \cdot l_0}{A \cdot E_z}$$

F_p - сила претходног притезања,

l_0 - првобитна дужина крака ремена пре затезања

σ_p - почетни напон од силе F_p ,

E_z - модул еластичности за затезање Т 4. 14.

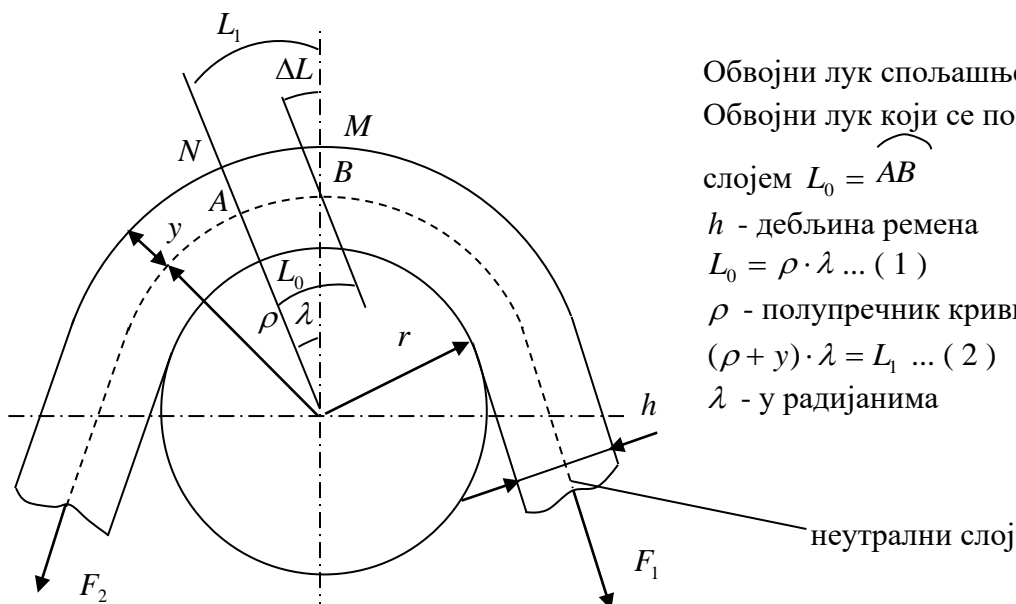
- Напрезање од радног оптерећења:

Радни крак је у раду оптерећен силом затезања F_1 , а слободни крак силом F_2 па су

$$\text{одговарајући напони: } \sigma_1 = \frac{F_1}{A}, \quad \sigma_2 = \frac{F_2}{A}$$

- Напрезање од савијања:

Приликом обавијања ременице у попречном пресеку ремена имамо напон савијања промењивог карактера, спољашњи слој се истеже, а унутрашњи је притиснут.



Обвојни лук спољашњег влакна је $L_1 = \widehat{NM}$

Обвојни лук који се поклапа са неутралним

слојем $L_0 = \widehat{AB}$

h - дебелина ремена

$$L_0 = \rho \cdot \lambda \dots (1)$$

ρ - полупречник кривине еластичне линије

$$(\rho + y) \cdot \lambda = L_1 \dots (2)$$

λ - у радијанима

неутрални слој

Неутрална оса пролази кроз тежиште (отпорност материјала) $\Rightarrow y = \frac{h}{2}$

$$(1), (2) \Rightarrow \frac{L_0}{\rho} = \frac{L_1}{\rho + y} \Rightarrow \frac{L_1}{L_0} = \frac{\rho + y}{\rho} = 1 + \frac{y}{\rho} = 1 + \frac{\frac{h}{2}}{r + \frac{h}{2}} = 1 + \frac{h}{2 \cdot r + h}$$

$$\rho = \frac{h}{2} + r \quad \frac{L_1}{L_0} = 1 + \frac{h}{d + h} \approx 1 + \frac{h}{d} \dots (3), \text{ јер се може усвојити: } d \gg h$$

r - полупречник ременице, $d = 2 \cdot r$

С друге стране:

$$\frac{L_1}{L_0} = \frac{L_0 + \Delta L}{L_0} = 1 + \frac{\Delta L}{L_0} = 1 + \varepsilon \dots (4)$$

$$(3), (4) \Rightarrow \varepsilon = \frac{h}{d}$$

Па долазимо до израза за напон савијања:

$$\sigma_s = E_s \cdot \varepsilon = E_s \cdot \frac{h}{d}$$

E_s - модул еластичности савијања ремена за плjosнате ремене у Т 4. 14, а за клинасте ремене

$$E_s = 40 \div 50 \frac{N}{mm^2}$$

Што је дебљина ремена већа (h), а пречник ременице мањи (d) то је σ_s већи. Учестаност промене напона савијања је број пролажења ремена у секунди преко ременице:

$$f_s = \frac{v}{L_p} \cdot x \quad [s^{-1}] \quad v - \text{брзина ремена } \left[\frac{m}{s} \right],$$

$$L_p - \text{дужина ремена } [m],$$

$$x - \text{број ременица преко којих прелази ремен}$$

σ_s је већи преко мање ременице

- Напрезање од центрифугалне силе F_C :

Напон центрифугалне силе једнак је у свим попречним пресецима ремена и износи:

$$\sigma_C = \frac{F_C}{A} = \frac{A \cdot \rho \cdot v^2}{A} = \rho \cdot v^2$$

$$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] - \text{густоћа ремена, за плjosнате ремене Т 4. 14, а за клинасте ремене } \rho = 1250 \left[\frac{kg}{m^3} \right],$$

$$v \left[\frac{m}{s} \right] - \text{брзина ремена,}$$

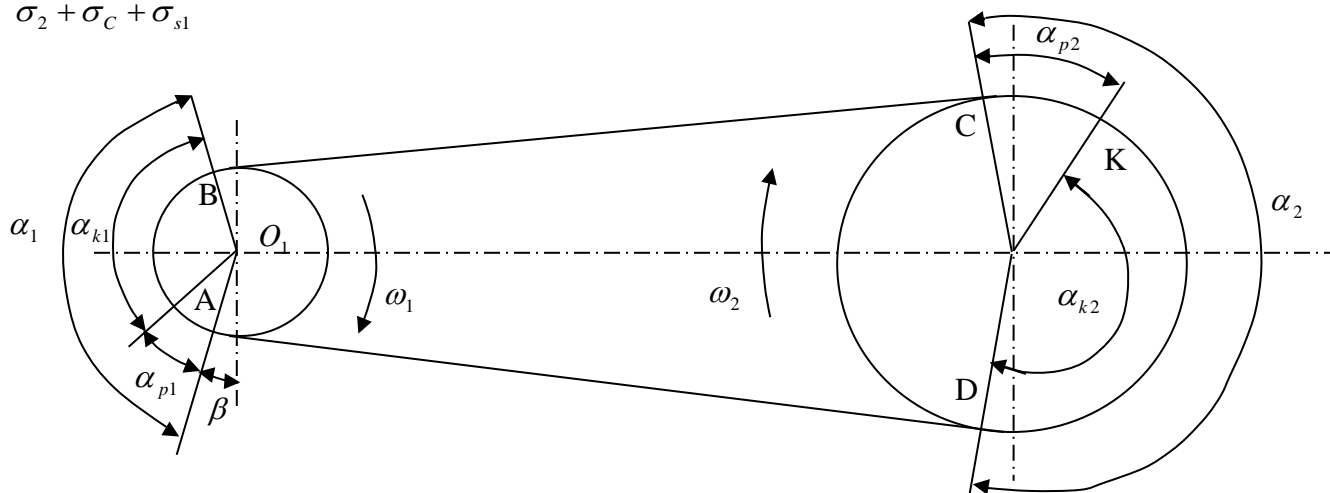
Највећи напон у ремену је у вучном огранку приликом обиласка преко мање ременице:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_C + \sigma_{s1}$$

При посматрању отвореног ременог преносника на делу \overline{AD} тј. вучном огранку појављују се напони затезања σ_1 и σ_C тј. $\sigma_1 + \sigma_C$

У тачки A појављују се и напони од савијања: $\sigma_1 + \sigma_C + \sigma_{s1}$,

На луку \widehat{AB} овај напон опада од тачке A ка тачки B да би у тачки B износио $\sigma_2 + \sigma_C + \sigma_{s1}$



На слободном делу ремена \overline{BC} јавља се напон $\sigma_2 + \sigma_C$

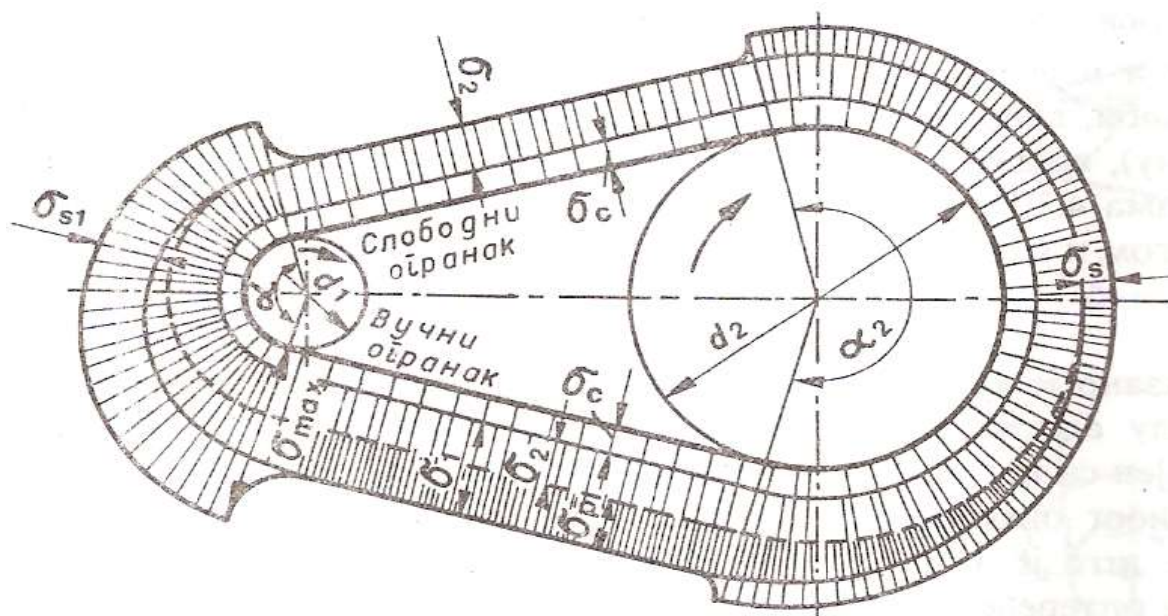
У тачки C јавља се напон σ_{s2} : $\sigma_2 + \sigma_C + \sigma_{s2}$

Од тачке C до тачке K имамо $\sigma_2 + \sigma_C + \sigma_{s2}$, а од тачке K до тачке D овај напон се постепено повећава, а у тачки D износи $\sigma_1 + \sigma_C + \sigma_{s2}$

Теоријски ремен се савија само при обиласку преко ременице.

Практично савијање ремена (влакана) настаје незнатно раније у наилазећем краку и престаје незнатно касније у силазећем краку.

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_{s\max} + \sigma_C = (F_p + \frac{F_t}{2}) \cdot \frac{1}{A} + E \cdot \frac{h}{d_{\min}} + \rho \cdot v^2 = \frac{F_1}{A} + E \cdot \frac{h}{d_1} + \rho \cdot v^2 = \sigma_1 + \sigma_C + \sigma_{s1}$$



Динамичка издржљивост и радни век ремена

Услед замора материјала или хабања додирних површина и услед еластичног клизања долази до разарања ремена.

Напони који доводе до разарања ремена после одређеног броја циклуса промене оптерећења представљају критичне напоне, односно коначну динамичку издржљивост.

Динамичка издржљивост ремена σ_N је највећи напон који ремен може да издржи при N промена напона савијања изражава се једначином: $\sigma_N^m \cdot N = const$

Динамичке издржљивости ремена σ_{N_0} при броју савијања N_0 одређују се испитивањем и дате су у Т 4. 16, на основу ових података и израчунатог максималног напона (σ_{max}) може се одредити број промена напона савијања (N) после којег се може очекивати појава разарања

$$\text{ремена: } \sigma_{max}^m \cdot N = \sigma_{N_0}^m \cdot N_0 \Rightarrow N = \left(\frac{\sigma_{N_0}}{\sigma_{max}} \right)^m \cdot N_0$$

Ремен се испитује при преносном односу $i = 1$ и са непромењивом величином обртног момента. За друге преносне односе напони у еластичним елементима при прелажењу преко већих точкова су мањи те је замор мањи, а број промена до разарања при истом σ_{max} већи и добија се повећањем N_0 са ξ_1 .

При промењивој величини обртног момента у току рада укупан замор је мањи, па је број циклуса промене напона до разарања већи тј. увећава се основни број циклуса N_0 фактором ξ_u :

$$\xi_u = 1 \dots 1,8 \text{ – за кишеве,}$$

$$\xi_u = 1 \dots 2 \text{ – за ремене,}$$

Мање вредности се усвајају ако је учешће максималног обртног момента веће и обрнуто.

ξ_1 - фактор утицаја преносног односа на издржљивост ремена Т 4. 17.

$$N = \left(\frac{\sigma_{N_0}}{\sigma_{max}} \right)^m \cdot N_0 \cdot \xi_1 \cdot \xi_u,$$

Радни век ремена:

$$t = \frac{N}{f_s} [s] \text{ или } t_{(h)} = \frac{t}{3600} [h]$$

N - број промена савијања до појаве разарања

f_s - учестаност промене напона савијања

Носивост ремена

Због великих расипања произвођачи каишева и ремена не дају податке о издржљивости, већ податке о носивости која представља силу или снагу коју каиш јединице ширине или један ремен може преносити при одређеним условима:

- Носивост пљоснатог ремена – каиша

се одређује помоћу корисног напона који потиче од обимне силе која се преноси путем

$$\text{ремена: } \sigma_k \leq \frac{F_t \cdot K_A}{A} \leq \sigma_{kd} \Rightarrow A \geq \frac{F_t \cdot K_A}{\sigma_{kd}} [mm^2] \Rightarrow b = \frac{F_t \cdot K_A}{\sigma_{kd} \cdot h} [mm]$$

b - ширина ремена,

σ_{kd} - дозвољени корисни напон који се рачуна помоћу основног корисног напона σ_{kdo}

$$\sigma_{kd} = \sigma_{kdo} \cdot \xi_\alpha \cdot \xi_v \cdot \xi_\delta$$

σ_{kdo} - Т 4. 19 у зависности од врсте материјала и односа $\frac{d}{h}$. Подаци су добијени за $i = 1$,

$$v = 10 \left[\frac{m}{s} \right] \text{ и за отворени хоризонтални ремени пар, } \alpha = 180^\circ,$$

ξ_α - Т 4. 20 – фактор смањења обвојног угла,

ξ_v - Т 4. 21 – фактор брзине ремена,

ξ_δ - Т 4. 22 – фактор положаја – врсте преносника,

h - висина ремена,

Т 4. 23 – стандардне ширине кожног, гумираног и текстилног пљонатог ремена, дебљине ремена и потребна ширина ременица, подаци важе и за остале врсте пљоснатих ремена (стандардна ширина ремена и ременице)

- Носивост клинастих ремена – ремена:

се одређује према снази коју један ремен (P_{n1}) може да пренесе, одређеног профила при одређеној брзини v .

Податке и носивости дају произвођачи Т 4. 24

$$\text{Број потребних ремена } z \cdot P_1 = P \cdot K_A \Rightarrow z = \frac{P \cdot K_A}{P_1} = \frac{P \cdot K_A}{P_{n1} \cdot \xi_\alpha \cdot \xi_\delta \cdot \xi_d}$$

P [KW] - снага која се преноси,

P_{n1} [KW] - номинална носивост једног ремена Т 4. 24.

$\xi_d = \frac{d}{d_{\min}}$ - фактор смањења пречника само кад је $d_1 < d_{\min}$,

K_A - фактор неравномерности оптерећења Т 4. 18,

ξ_α - фактор обвојног угла Т 4. 20,

ξ_δ - фактор врсте и положаја ременог пара Т 4. 22,