

# МОБИЛНЕ МАШИНЕ

*предавање 3.2*



*гусенични кретни механизми,  
кинematика кретања*



УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ



Катедра за транспортну технику и логистику  
проф. др Драгослав Јаношевић

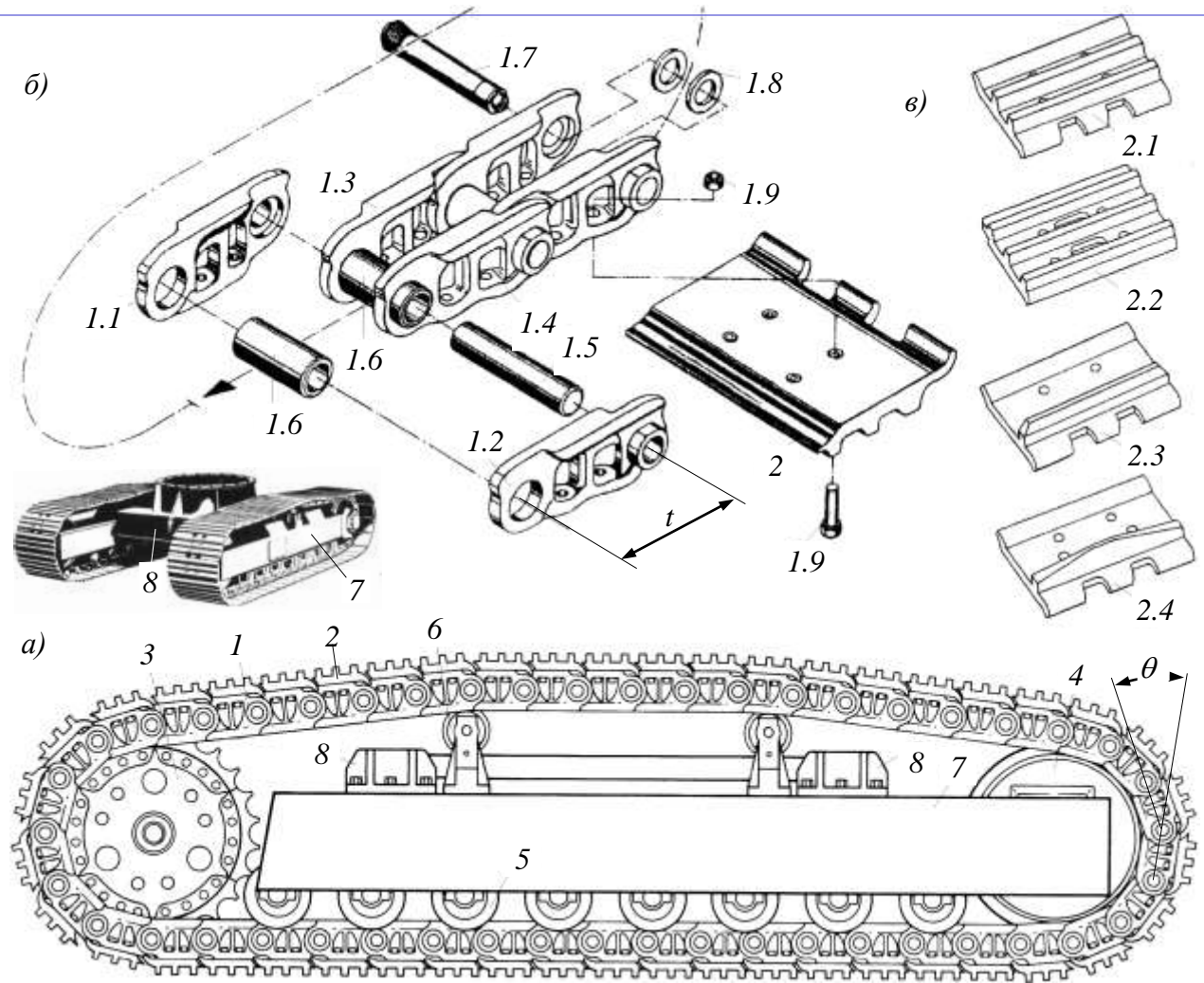


## Елементи гусенице

концепције:

заједничко за све концепције је *гусеница* као модул са основним елементима:

- 1- ланац гусенице,
- 2- папуче гусенице,
- 3- погонски точак-ланчаник,
- 4- затезни точак,
- 5- носећи ваљци,
- 6- водећи ваљци,
- 7- подужни носач-костур гусенице,
- 8- подушни носач-костур кретног механизма

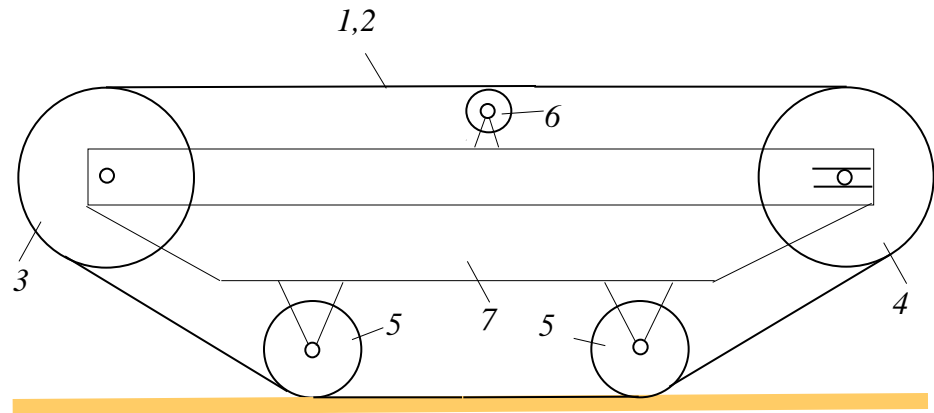


Сл.2.58 Елементи металних гусеница: а) модули гусенице: 1-ланац, 2-папуче, 3-погонски точак, 4- затезни точак 5-носећи ваљци, 6- водећи ваљци, 7- подужни носач гусенице, 8-попречни носач косура кретног механизма, б) ланац гусенице: 1.1- леви чланак сегмента, 1.2- десни чланак сегмента, 1.3, 1.4-чланци суседног сегмента, 1.5-осовица, 1.6- чаура, 1.7- спојна осовица, 1.8-затптивни прстенови, 1.9- завртањи и навртке за везу папуче за чланке ланца, в) папуче: 2.1- са два ребра, 2.2- са три ребра, 2.3- са једним ребром, 2.4- са закошеним ребром

## Кинематика гусеничног ланца

За анализу кинематике гусенице усвојен је модел гусеничног ланца 2 и папуче 1 у облику **савитљиве нерастегљиве** нити која **потпуно обавија и тангентно** додирује погонски 3 и затезни точак 4, носеће 5 и водеће ваљке 6.

При томе се костур гусенице 7, односно машина-возило креће праволиниски, по равној подлози константном брзином  $v$ .



## Кинематика гусеничног ланца

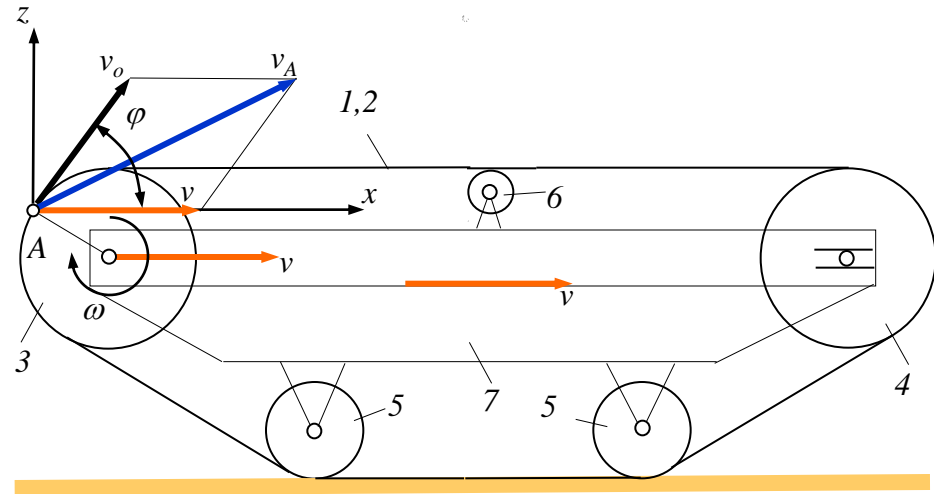
При кретању машине, тачка  $A$  гусеничног ланца има два кретања:

*релативно кретање гусенице*

око костура ослоно кретног механизма обимном брзином  $v_o$  која настаје окретањем погонског точка угаоном брзином  $\omega$ , и

*преносно кретање са*

костуром ослоно кретног механизма брзином кретања машине  $v$ .



# Кинематика гусеничног ланца

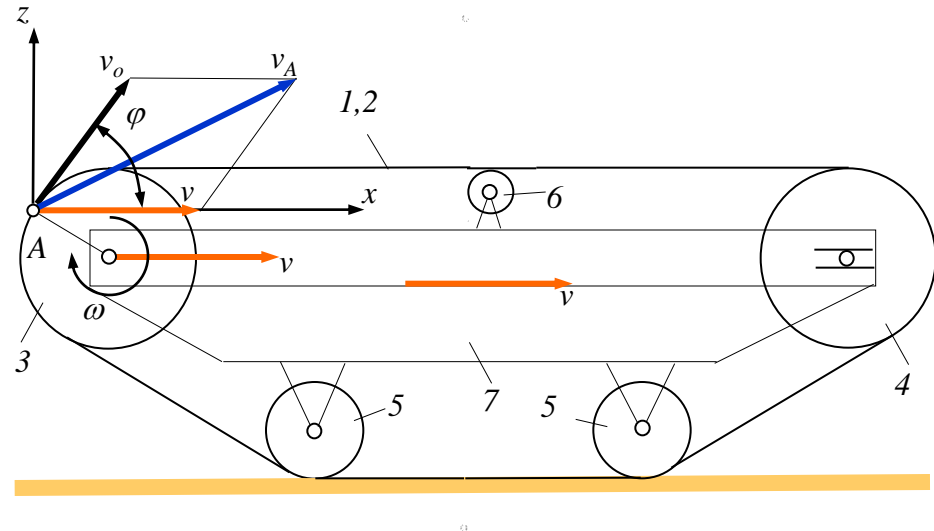
Апсолутна вредност брзине у тачци А је векторски збир пројекција одговарајућих брзина:

$$v_{Ax} = v + v_o \cos \varphi$$

$$v_{Az} = v_o \sin \varphi$$

$$v_A = \sqrt{v_{Ax}^2 + v_{Az}^2}$$

$$v_A = \sqrt{v^2 + v_o^2 + 2 v v_o \cos \varphi}$$



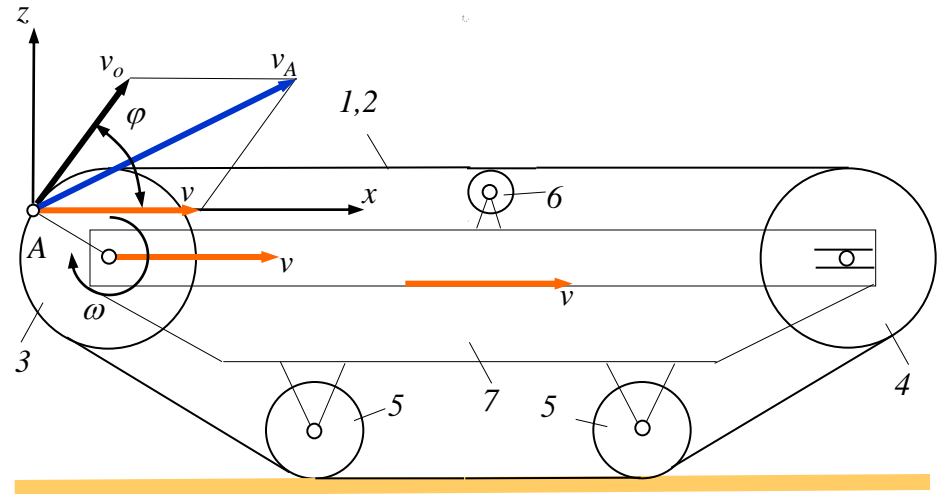
## Кинематика гусеничног ланца

Апсолутна вредност брзине у тачци А је векторски збир пројекција одговарајућих брзина:

$$v_A = \sqrt{v^2 + v_o^2 + 2 v v_o \cos \varphi}$$

За случај када је преносна брзина једнака релативној брзини  $v=v_o$ , апсолутна брзина има вредност:

$$v_A = 2v \cos \frac{\varphi}{2} \quad \forall \quad v = v_o$$



## Кинематика гусеничног ланца

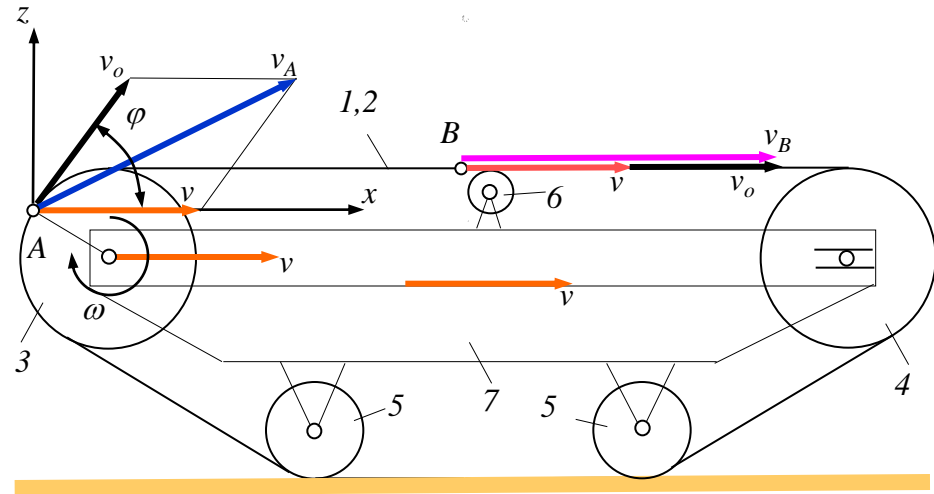
$$v_A = 2v \cos \frac{\varphi}{2} \quad \forall \quad v = v_o$$

За тачку  $B$  на слободном  
огранку гусенице

( $\varphi=0$ ),

апсолутна брзина једнака је  
двострукој брзини кретања  
машине:

$$v_B = 2v \quad \forall \quad \varphi = 0$$



## Кинематика гусеничног ланца

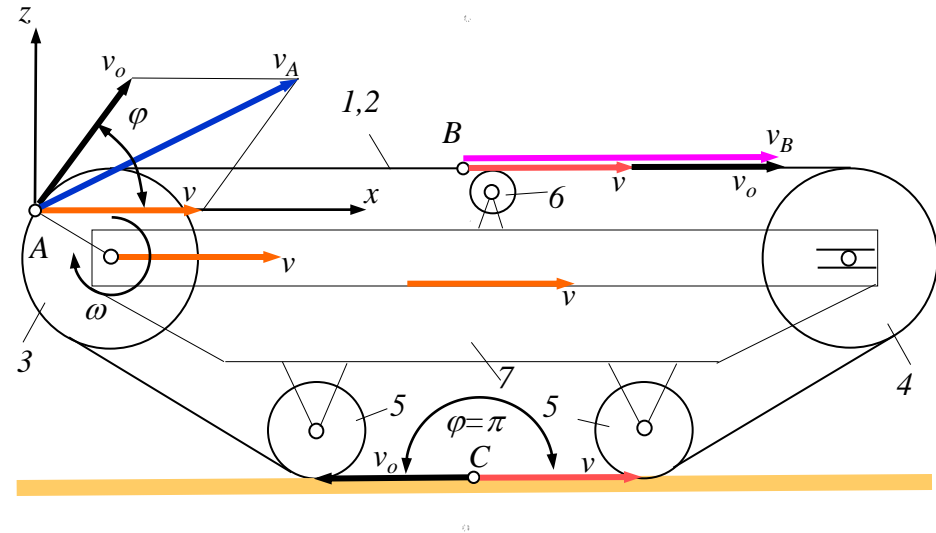
$$v_A = 2v \cos \frac{\varphi}{2} \quad \forall \quad v = v_o$$

За тачку  $C$  на вучном огранку гусенице

( $\varphi = \pi$ ),

која лежи на подлози,  
апсолутна брзина једнака нули:

$$v_C = 0 \quad \forall \quad \varphi = \pi$$





## Кинематика гусеничног ланца

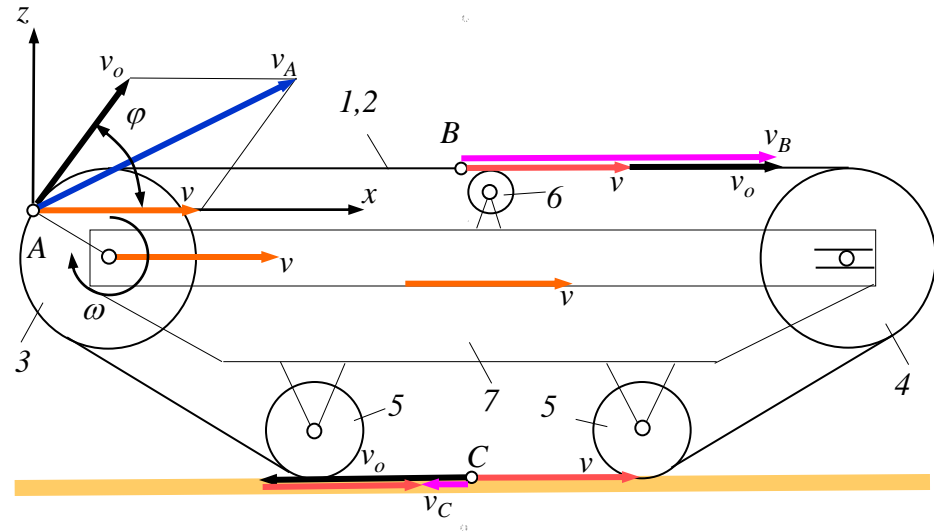
Ако су преносна и релативна брзина неједнаке

$$v \neq v_o$$

за тачку  $C$  могућа су два случаја:

a)  $v < v_o$  - тачка  $C$  вучног огранка гусенице има **делимично проклизавање** по подлози уназад, које се одређује **коэффицијентом проклизавања**:

$$\delta = \frac{v_o - v}{v_o}$$



## Кинематика гусеничног ланца

Ако су преносна и релативна брзина неједнаке

$$v \neq v_o$$

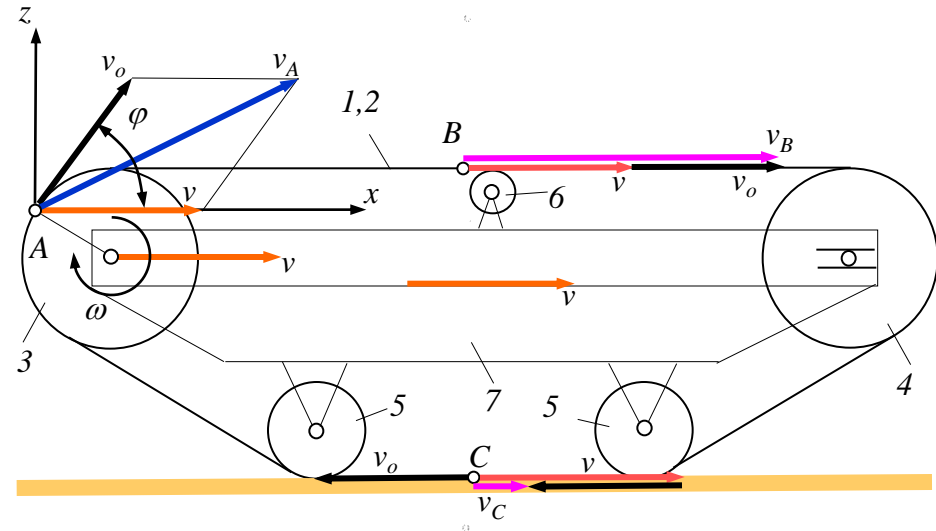
за тачку  $C$  могућа су два случаја:

б)  $v > v_o$  - тачка  $C$  вучног огранка гусенице има **клизање**.

Апсолутна брзина тачке  $C$  лежи на подлози са правцем којим се креће машина. То се дешава при кретању машине по инерцији или при кочењу.

У том случају, коефицијент проклизања има негативну вредност и представља коефицијент клизања:

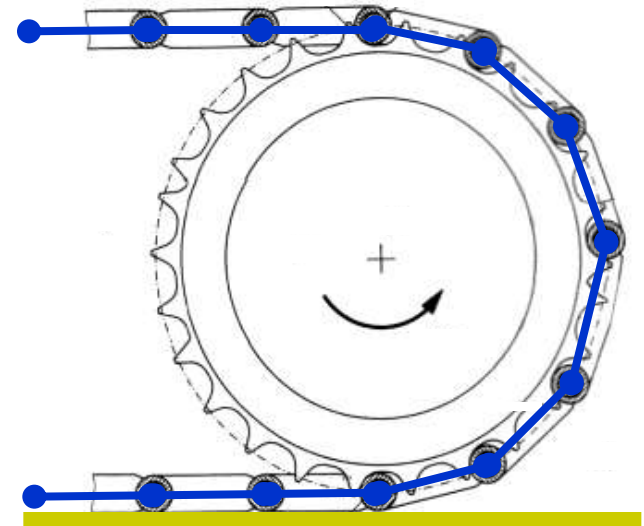
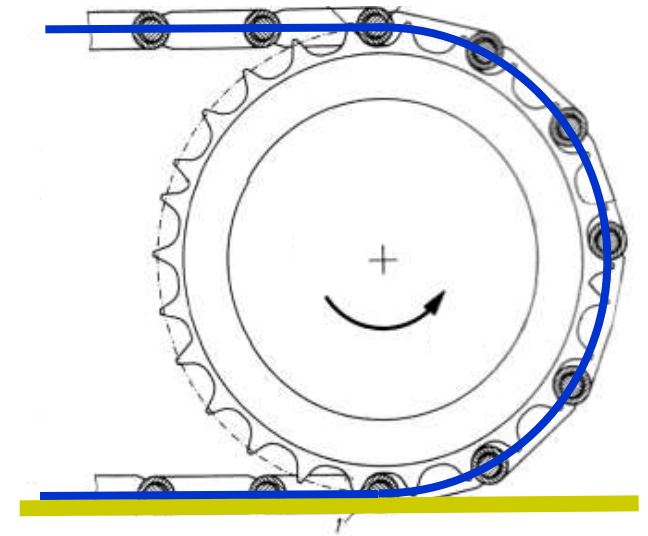
$$\delta = \frac{v_o - v}{v_o}$$



## Кинематика кретања возила

У претходном поглављу усвојен је модел гусеничног ланца у облику **савитљиве нерастегљиве нити** која потпуно обавија и тангентно додирује погонски и затезни точак, носеће и водеће ваљке.

Међутим, **физички модел ланца** који се примењује на гусеничним кретним механизмима мобилних машина и возила, састоји се из одређеног броја **сегмената - чланака** повезаних у затворену контуру обртним зглобовима пете класе.



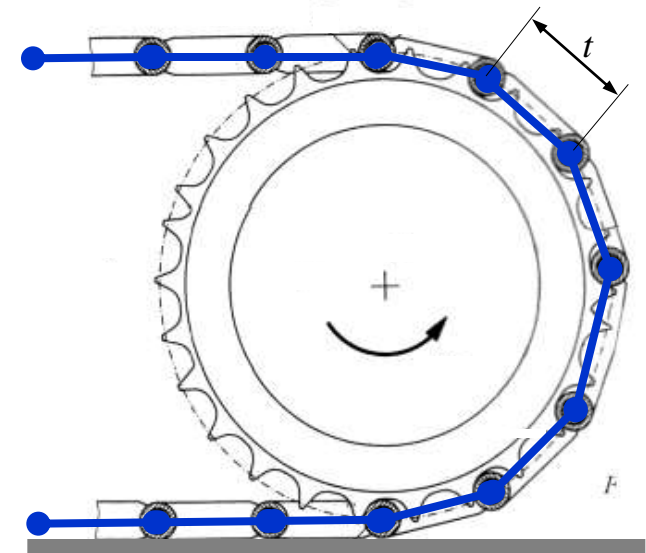
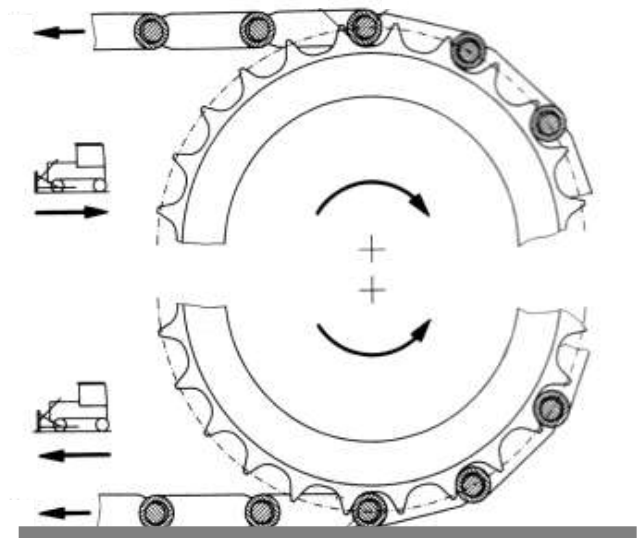
## Кинематика кретања возила

Основни параметар ланца је  
корак чланка - ланца:

$t$

То је растојање између осе  
чауре и осе осовинице чланка.

Може се рећи да је корак ланца  
обележје не само ланаца него и  
читавог гусеничног кретног  
механизма машине - возила.



## Кинематика кретања возила

Сваки сегмент ланца гради два чланка ланца, леви 1.1 и десни 1.2.

Кинематички пар ланца чине два сегмента ланца повезани тако да, на једном крају, чланци 1.1 и 1.2 једног сегмента дођу са спољне, а на другом крају, чланци 1.3 и 1.4 другог сегмента дођу са унутрашње стране ланца. Унутрашњи крајеви чланака истог сегмента су чврсто спојени (пресованим склопом) чаурама ланца 1.6, које имају спољни пречник  $d_1$  и унутрашњи пречник  $d_3$ . Док су спољни крајеви чланака другог сегмента чврсто везани за осовиницу ланца 1.5, пречника  $d_2$ . При чему осовиница пролази кроз чауру ланца и између њих је лабаво налегање одоварајућег зазора.

**подеони пречник ланчаника:**

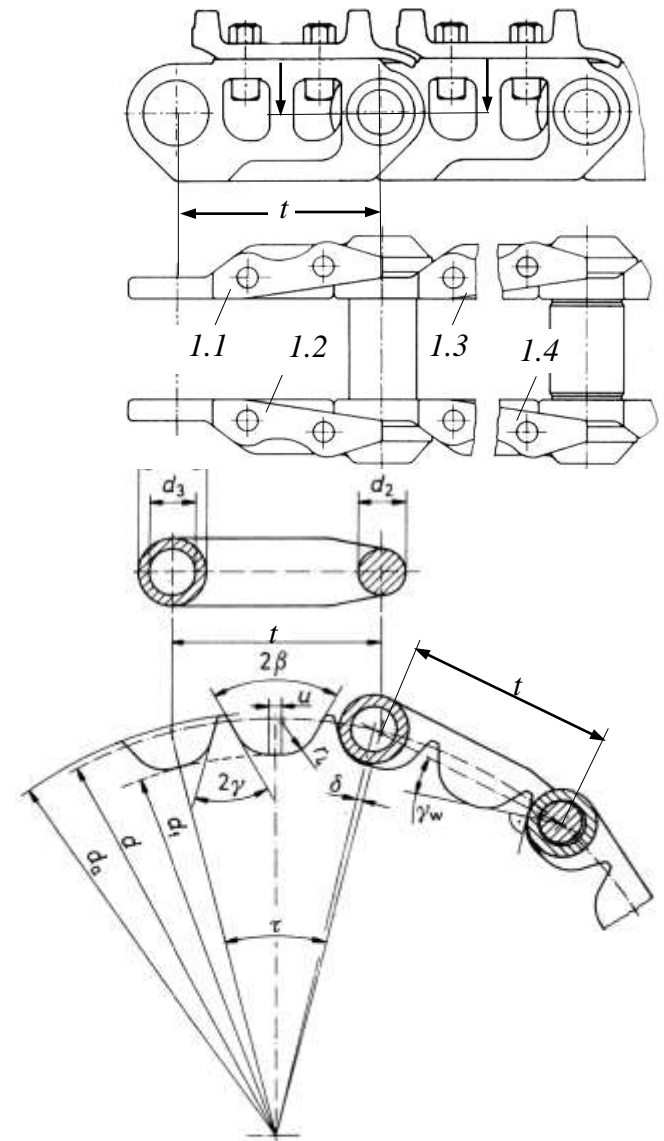
$$d = \frac{t}{\sin\left(\frac{2\pi}{z}\right)} = 2r$$

где је:

$t$  - корак чланка ланца,

$z$  - број зуба ланчаника,

$r$  - подеони полупречник ланчаника

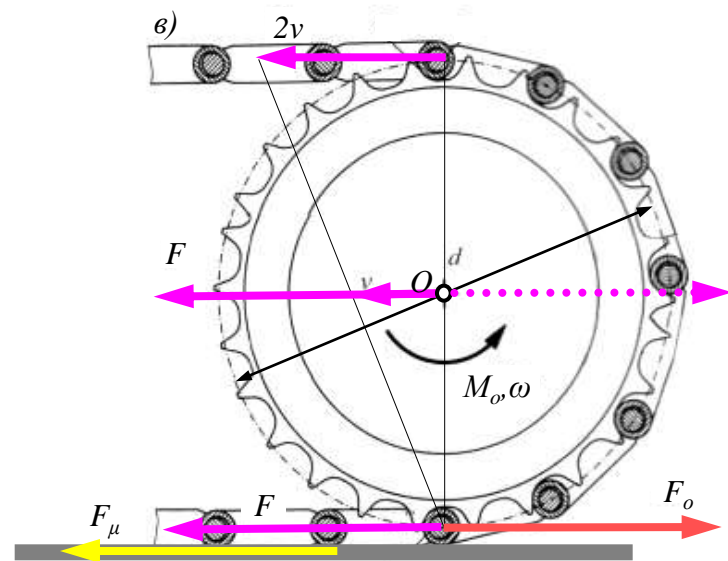
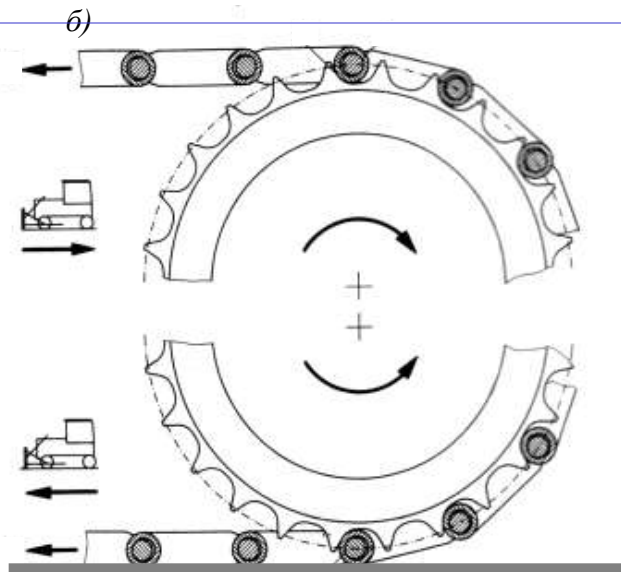


## Кинематика кретања возила

**Погонски точак** гусенице је уствари **погонски ланчаник** одређеног корака и броја зуба.

Ланчаник се спреже са ланцем гусенице тако да се **обртно кретање** ланчаника претвара у **транслаторно кретање** костура кретног механизма а самим тим и у **транслаторно кретање** целог возила.

**Променом смера окретања ланчаника мења се и смер кретања возила.**

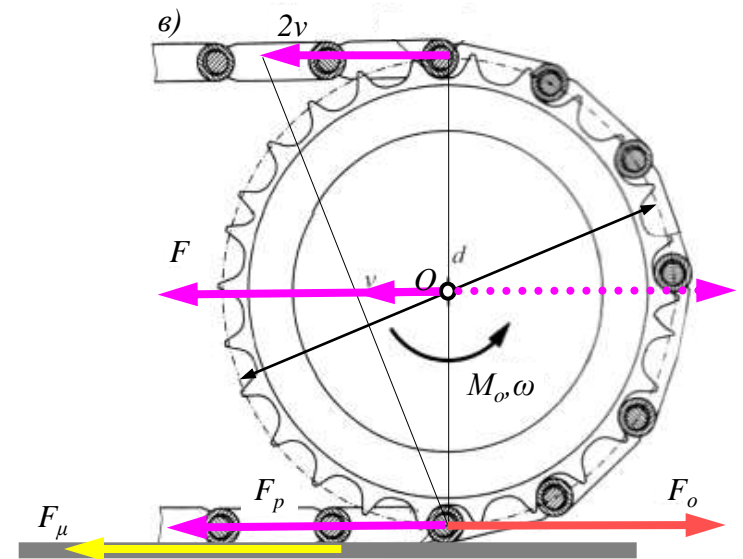


## Кинематика кретања возила

Ланчаник услед **погонског момента**  $M_o$ , који му предаје трансмисија кретања возила, делује обимном силом  $F_o$  на **непокретни део ланца**, услед чега се јавља **реакција**  $F_p$  гусенице односно подлоге.

Редукцијом реактивне силе у центар окретања ланчаника  $O$ , који је везан за костур кретног механизма, добија се **вучна сила возила**  $F$  и реактивни момент.

**Вучном силом**  $F$  се остварује кретање котрљањем носечих ваљака по тренутно непокретном делу ланца гусенице, док **реактивни момент** савлађује (уравнотежава) **погонски момент** ланчаника.





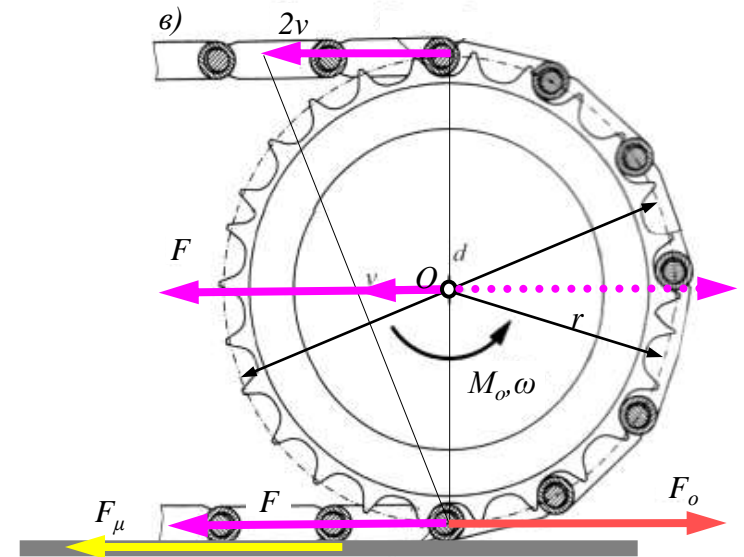
## Кинематика кретања возила

Тачка додира ланчаника и чауре ланаца јавља као тренутни пол окретања ланчаника тако да је брзина кретања возила једнака:

$$v = \frac{d}{2} \omega = r \omega$$

где је:

$d$  - подеони пречник ланчаника,  
 $r$  - подеони полупречник ланчаника,  
 $\omega$  - угаона брзина ланчаника





## Неравномерност кретања гусенице

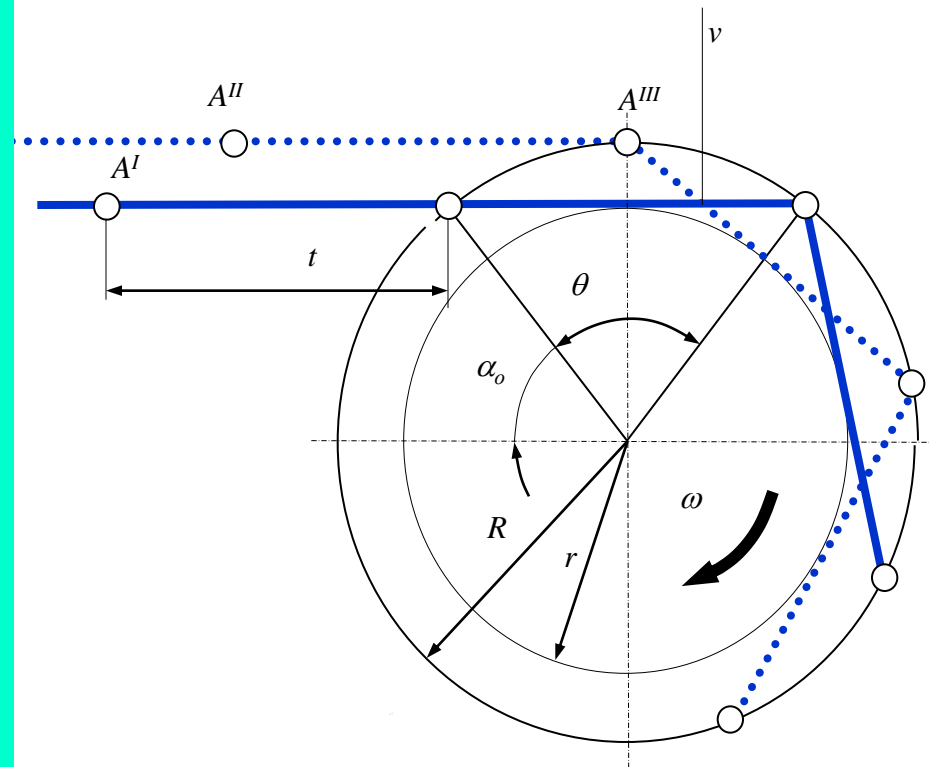
Посматра се померање чланкастог ланца гусенице, са чланком корака  $t$ , на предњем точку кретног механизма.

Точак се може окретати принудно (ланчаник-погонски точак) или слободно (затезни точак).

При томе, ради упрошћења слике није приказан захват са гусеницом.

Претпоставља се да је угаона брзина обртања точка константна

$\omega = const.$



## Неравномерност кретања гусенице

Пројекција брзине  $v$  на правац чланка равна је брзини наилажења гусенице на точак:

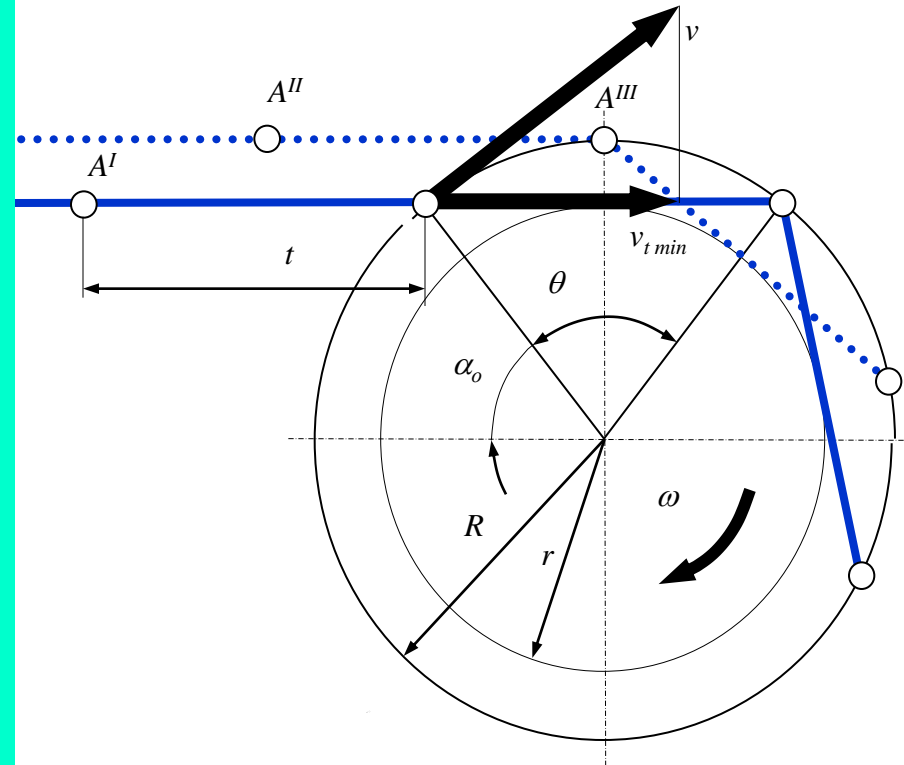
$$v_t = v \sin \alpha = R \omega \sin \alpha$$

Минимална вредност брзине наилажења одговара угловима:

$$\alpha = \alpha_o \text{ и } \alpha = \alpha_o + \theta,$$

при чему је:

$$v_{t \min} = R \omega \sin \alpha_o = r \omega$$



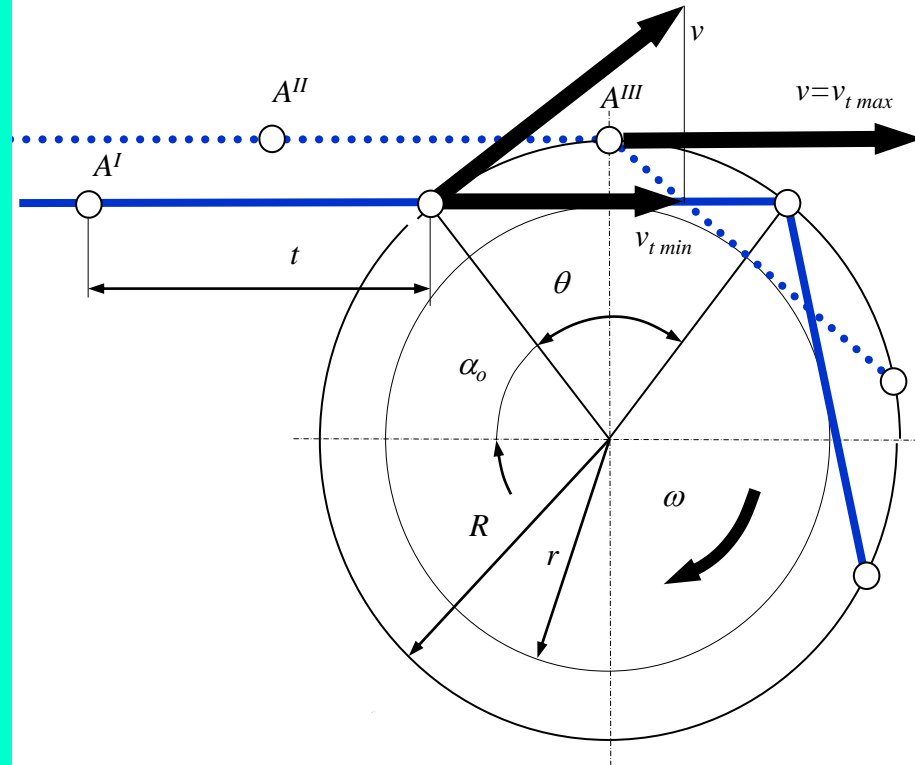
## Неравномерност кретања гусенице

Пројекција брзине  $v$  на правац чланка равна је брзини наилажења гусенице на точак:

$$v_t = v \sin \alpha = R \omega \sin \alpha$$

**Максимална брзина наилажења** одговара углу  $\alpha=90$ , при чему је:

$$v_{t \max} = R \omega$$



## Неравномерност кретања гусенице

Однос ових брзина представља **коэффициент неавномености кретања гусенице  $\psi$** :

$$\psi = \frac{v_{t \max}}{v_{t \min}} = \frac{R}{r} = \sqrt{1 + \left(\frac{t}{2r}\right)^2}$$

где је:

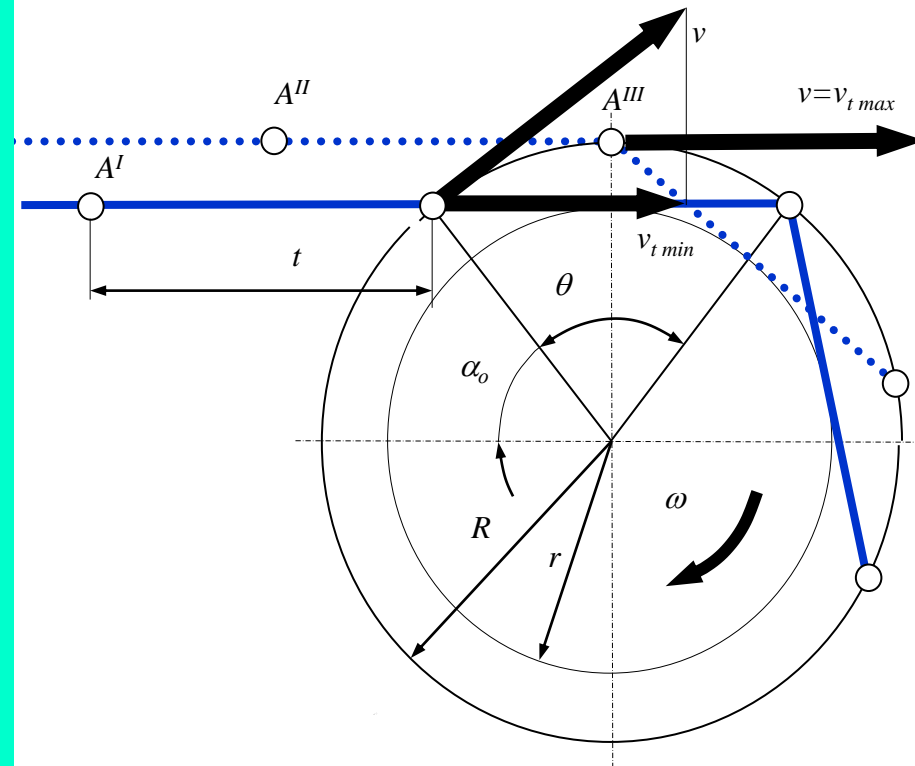
$t$  - корак чланка,

$r$  - полупречник точка,

$R$  - полупречник круга путање зглоба чланка око точка

Последњи израз показује да ће коэффициент  $\psi$  **бити мањи** уколико је **мањи корак чланка** а **што већи радијус ланчаника**.

Због **неравномерног кретања ланца гусенице** на возилима се **јављају допунска динамичка оптерећења**.



## Неравномерност кретања гусенице

Однос ових брзина представља **коэффициент неавномености кретања гусенице  $\psi$** :

$$\psi = \frac{v_{t \max}}{v_{t \min}} = \frac{R}{r} = \sqrt{1 + \left(\frac{t}{2r}\right)^2}$$

где је:

$t$  - корак чланка,

$r$  - полупречник точка,

$R$  - полупречник круга путање зглоба чланка око точка

Препоручује се за мале кораке гусеница  $\psi = 1,015 \div 1,04$ , а за веће кораке гусенице може бити и до  $\psi = 1,3$ .

Да би се добило  $\psi$  које одговара малом кораку гусенице неопходно је при пројектовању кретног механизма возила испунити услов:  $r > 2t$ .

