

Висока школа електротехнике и рачунарства
струковних студија

СИСТЕМИ СТАБИЛНОСТИ, БЕЗБЕДНОСТИ И КОМФОРА У ВОЗИЛИМА

ОСНОВЕ ДИНАМИКЕ ВОЗИЛА



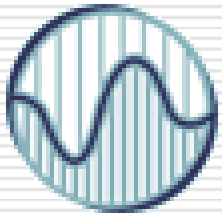
Садржај

- ☐ Кретање точка
- ☐ Силе које делују на возило
- ☐ Динамика праволинијског кретања
- ☐ Динамика заокрета



Кретање точка

- ❑ Динамика возила проучава кретање возила под дејством сила
- ❑ Силе које делују на возило преносе се на подлогу преко пнеуматика
- ❑ Точак се преко пнеуматика ослања на подлогу и преко њега се преносе погонске, кочне и бочне силе
- ❑ Карактер контакта точка и подлоге одређује максимална динамичка оптерећења возила
- ❑ Параметри квалитета пнеуматика:
 - Способност одржавања праволинијског кретања
 - Стабилно кретање у кривини
 - Способност пријањања на различите подлоге
 - Добро пријањање у различитим временским условима
 - Карактеристике управљања
 - Удобност вожње (пригушење вибрација, мала бука)
 - Радни век и
 - Економичност

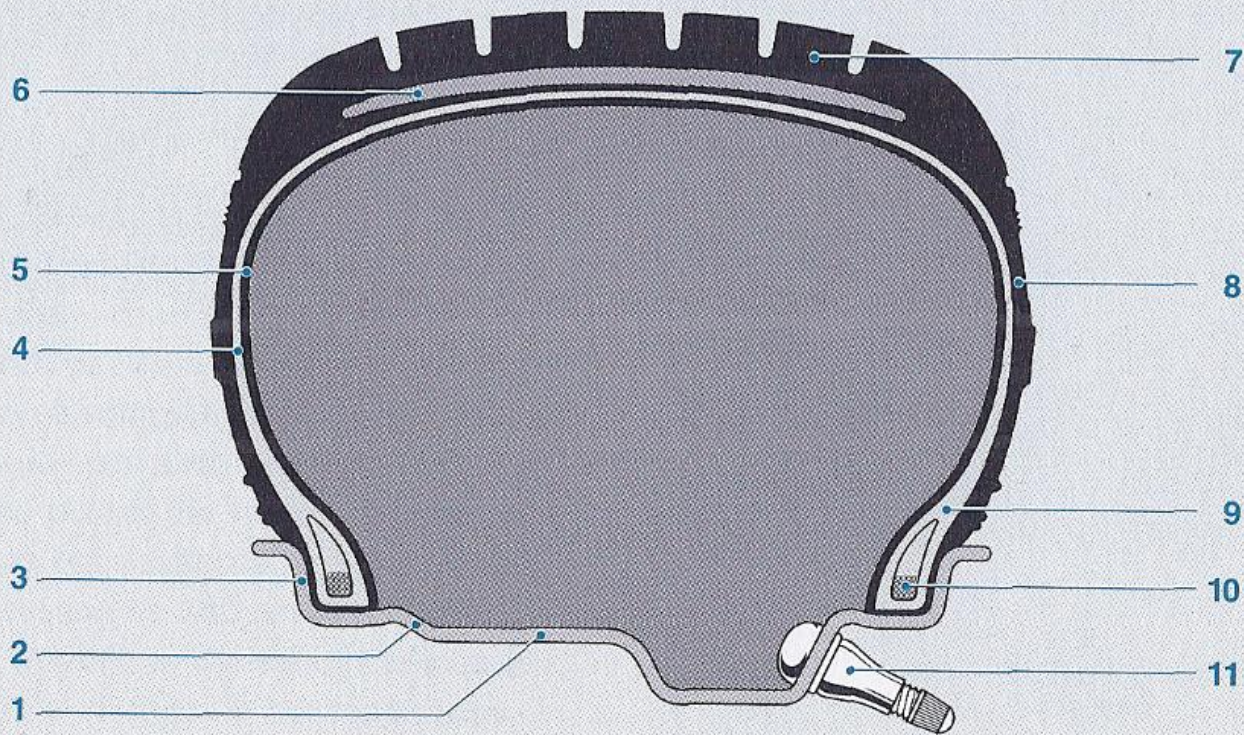


Конструкција пнеуматика

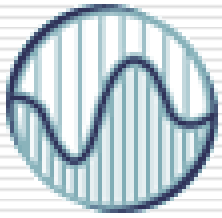
- ❑ Конструкције пнеуматика су различите у зависности од технологије израде
- ❑ Конструкција стандардних пнеуматика треба да обезбеди кретање у стандардним и критичним ситуацијама
- ❑ Прописима се регулишу услови у којима се користе поједине врсте пнеуматика, максималне брзине, као и критеријуми за поделу пнеуматика
- ❑ Радијални пнеуматици:
 - Стандардни за примену код путничких и већине комерцијалних возила
 - Добро пријањање, већа бочна еластичност
- ❑ Дијагонални пнеуматици:
 - Већа бочна и радијална крутост, слабије пријањање код аутомобила
 - Користе се код мотоцикала, бицикала, индустријских и пољопривредних возила



Радијални пнеуматик



1. Наплатак
2. Ојачање
3. Бок наплатак
4. Каркаса
5. Заптивни слој
6. Јастуче
7. Протектор
8. Бок
9. Ојачање
10. Стопа
11. Вентил



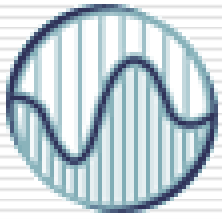
Прописи и примена пнеуматика

- ❑ Међународни прописи: ЕСЕ Правилници
- ❑ Европски прописи: директиве
- ❑ САД прописи: FMVSS - Federal Motor Vehicle Safety Standard
- ❑ Пнеуматици морају да имају шару по читавом обиму и површини газећег слоја, дубине минимум 1.6мм
- ❑ Возила највеће укупне масе 2.8 тона и брзине преко 40 km/h, као и приколице које вуку морају бити опремљена или са радијалним или са дијагоналним пнеуматичима (свака јединица мора да има исте пнеуматике)

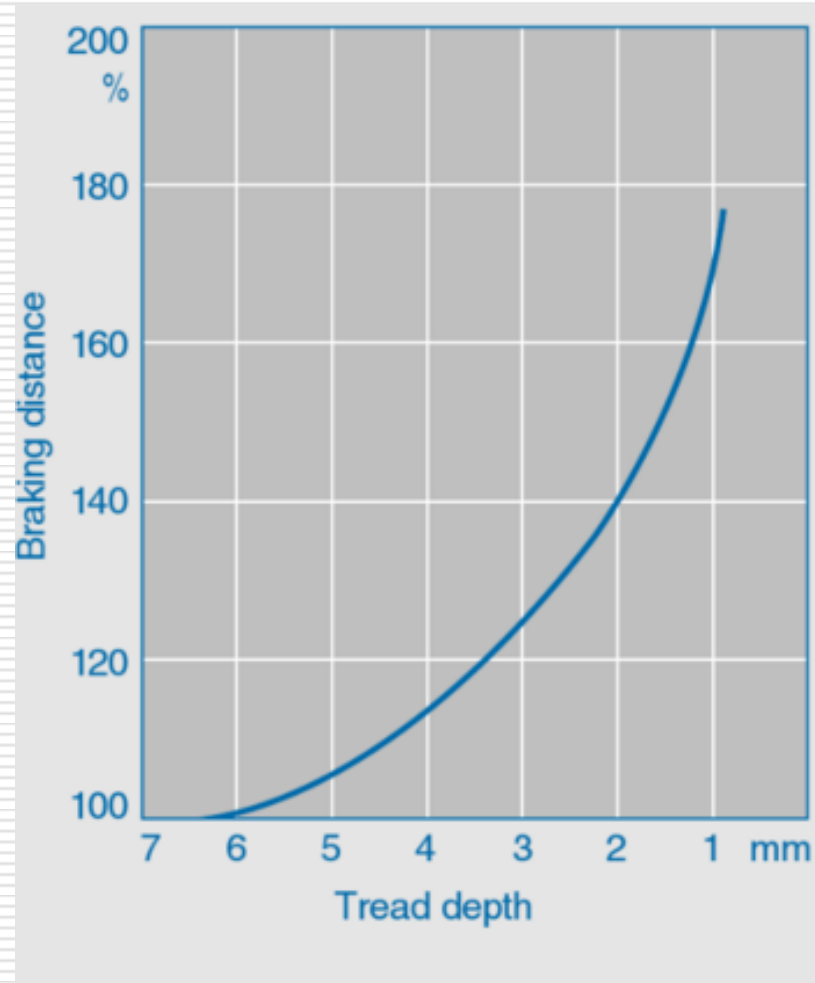


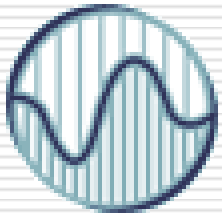
Уградња пнеуматика

- ☐ Точкови треба да буду балансирани да не би било динамичких побуда
- ☐ Сви точкови треба да буду опремљени истим типом пнеуматика и са истим димензијама
- ☐ Возило не сме да буде вожено брзинама за које пнеуматици нису предвиђени
- ☐ Пнеуматици треба да имају одговарајућу дубину шаре



Утицај дубине шаре пнеуматика на пут кочења на влажном путу при брзини 100 km/h

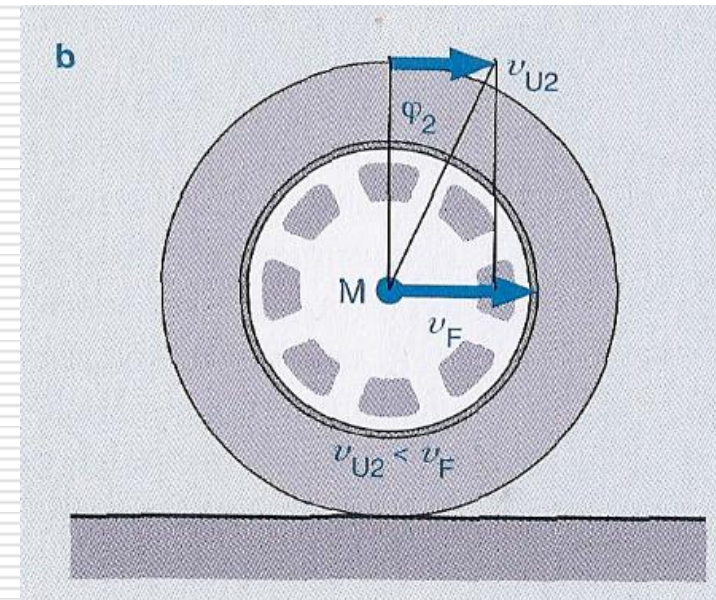
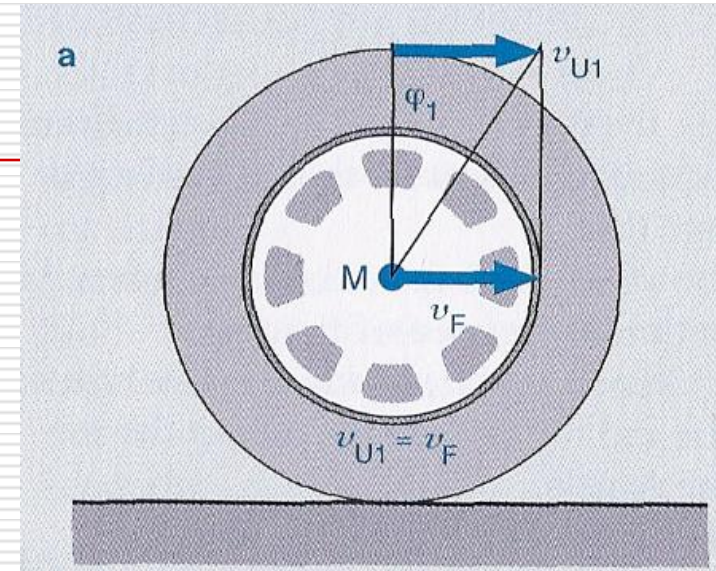




Клизање пнеуматика

- ❑ Odnos stvarne i teorijske brzine točka (vozila)
- ❑ v_F – brzina vozila
- ❑ v_U – obodna brzina
- ❑ $v_F > v_U$: translatorno klizanje (kod kočenja)
- ❑ $v_F < v_U$: ugaono klizanje (kod pogona)
- ❑ $\lambda = \frac{v_F - v_U}{v_F}$ - koeficijent klizanja

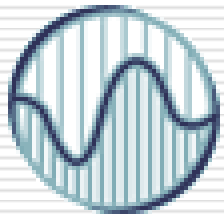
1. Котрљање без клизања
2. Котрљање коченог точка



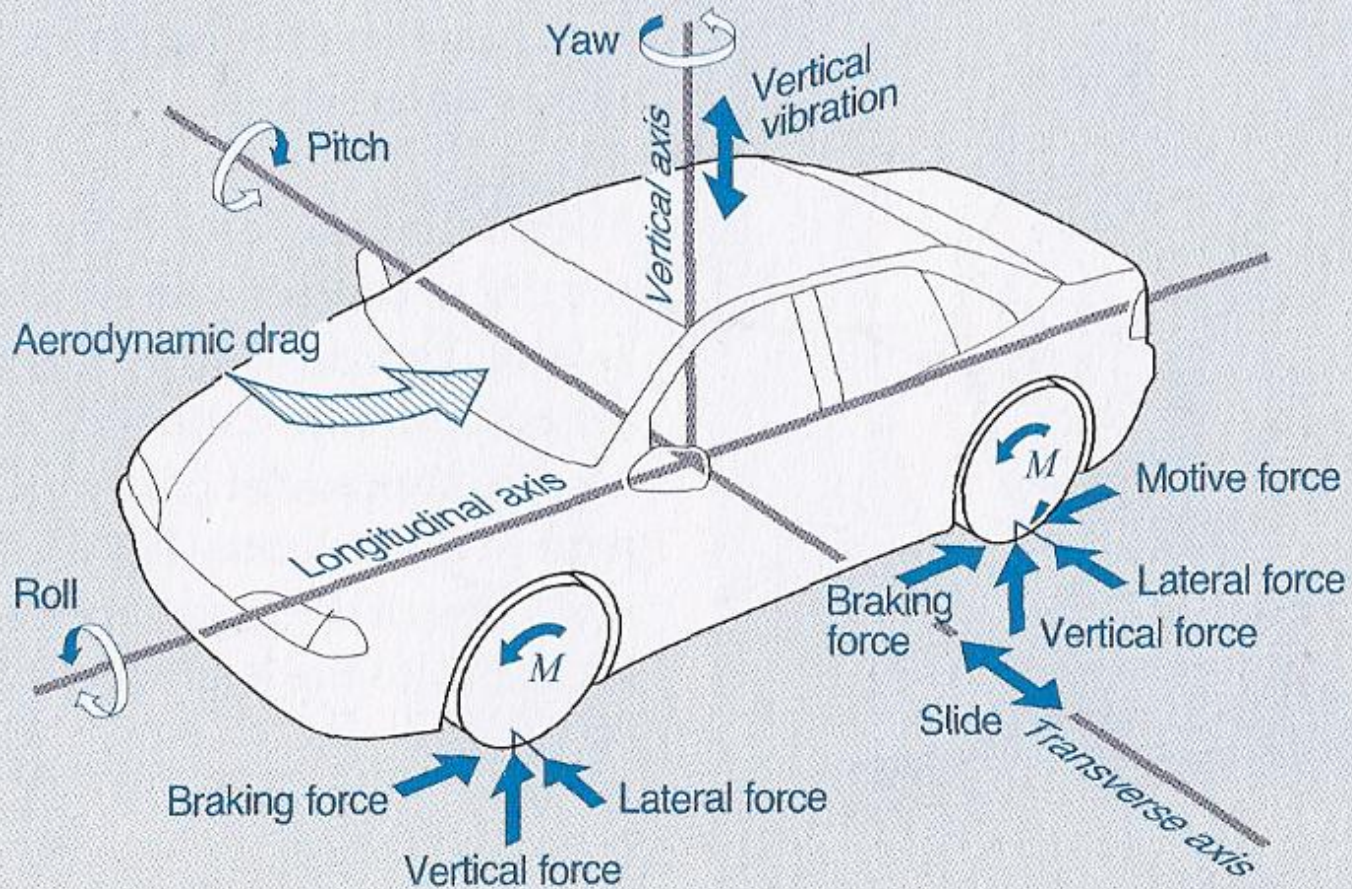


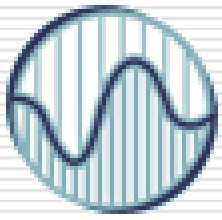
СИЛЕ КОЈЕ ДЕЛУЈУ НА ВОЗИЛО

- ☐ На возило у општем случају делују следеће силе
 - Силе отпора кретања
 - Вучна/кочна сила
 - Тежина возила
 - Нормалне реакције подлоге
 - Бочне силе
 - Бочне реакције
- ☐ Да би се тело ротирало на њега мора да делује момент
- ☐ При кретању возила важе Њутнови закони
 - I – закон инерције
 - II – закон силе
 - III – закон акције и реакције
- ☐ Све силе осим отпора ваздуха преносе се са возила на подлогу и са подлоге на возило преко пнеуматика

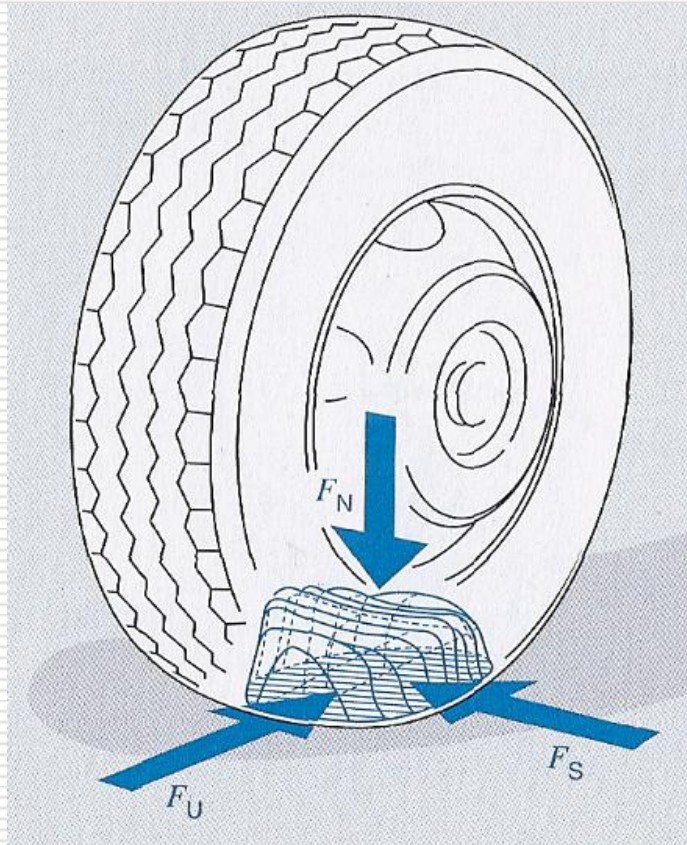


СИЛЕ КОЈЕ ДЕЛУЈУ НА ВОЗИЛО

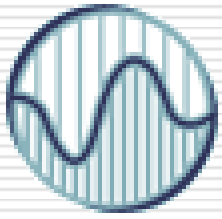




Силе које делују у контакту точка и подлоге

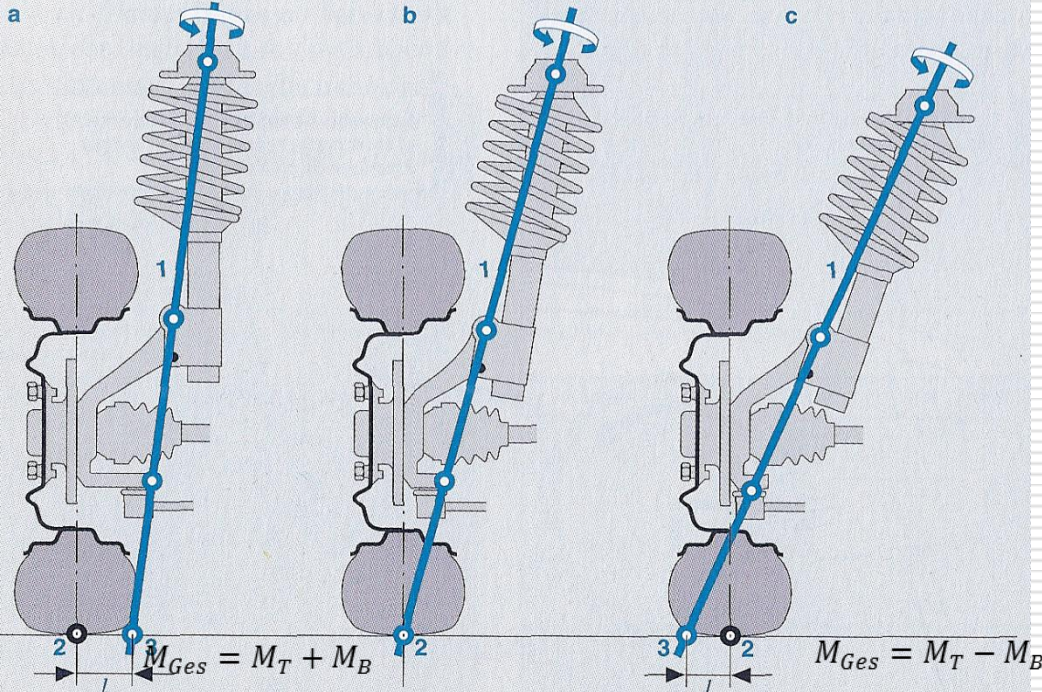


- F_U – ободна сила:
 - реакција на погонски или кочни момент
- F_N – радијална сила:
 - Последица вертикалног оптерећења
 - Изазива радијалну деформацију пнеуматика
- F_S – бочна сила
 - Последица бочних оптерећења (центрифугална сила, бочни ветар)

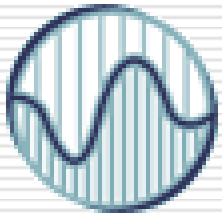


Момент скретања (Yaw moment)

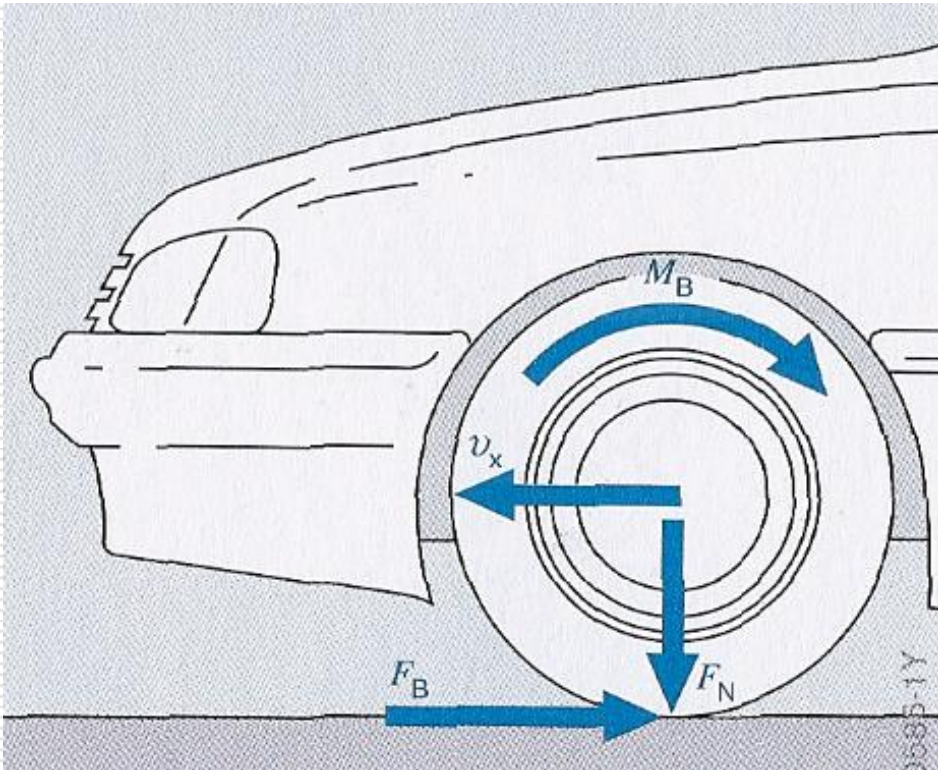
- ☐ Момент који покушава да окрене возило око вертикалне осе
- ☐ Јавља се код кретања у кривини
- ☐ Може се јавити као поремећајни момент код неравномерног кочења (μ -split)
- ☐ Може да буде и резултат положаја управљачких точкова



- ☐ M_{Ges} – yaw moment
- ☐ M_T – момент инерције
- ☐ M_B – момент кочења



Силе на коченом точку

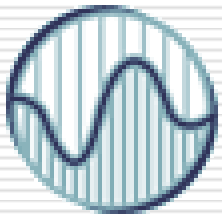


v_x – линейарна брзина
возила

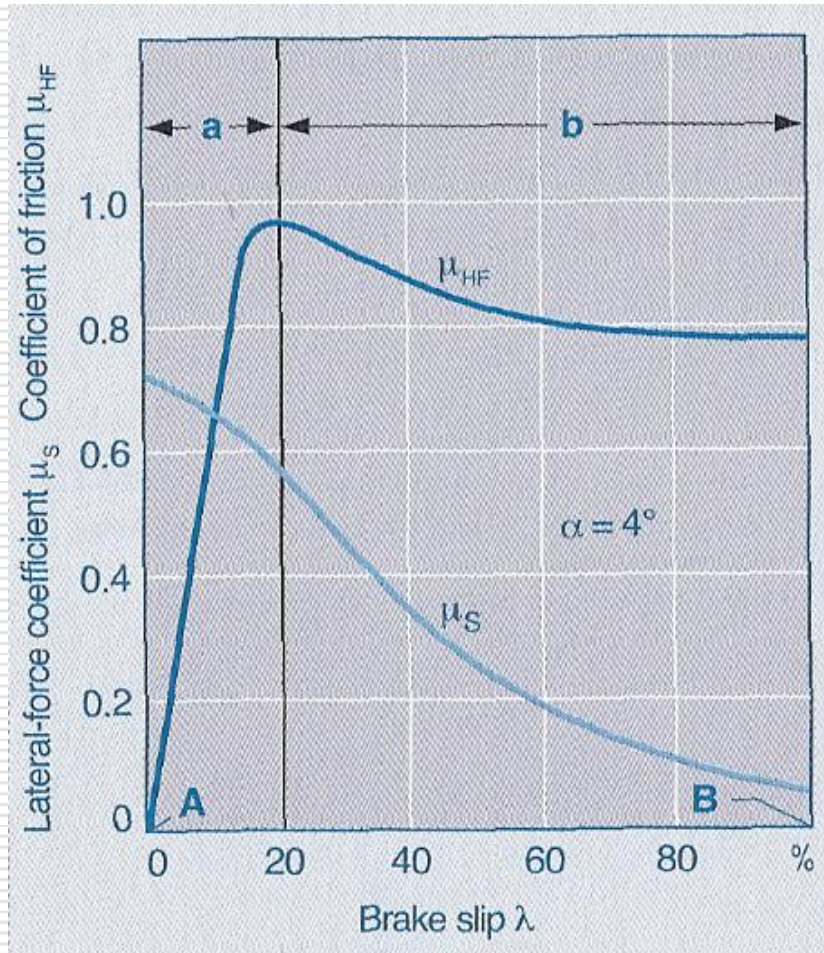
F_N – нормална сила

F_B – сила кочења

M_B – момент кочења



Сила пријањања



- ▣ Koeficijant prijanjanja: koeficijent proporcionalnosti između kočne sile i normalnog opterećenja točka
- ▣ Sila prijanjanja: $F_R = \mu_{Hf} \cdot F_N$ - granična vrednost kočne sile (mera do koje se kočna sila može realizovati na podlozi)
- ▣ Koeficijent prijanjanja zavisi od:
 - Vrste podloge,
 - Stanja pneumatika
 - Brzine kretanja i
 - Vremenskih prilika



Коефицијент пријањања у различитим условима кретања

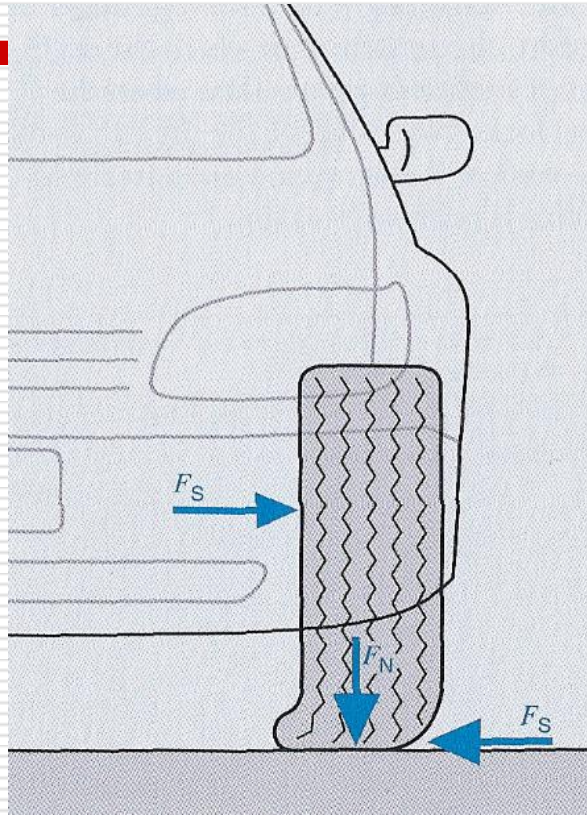
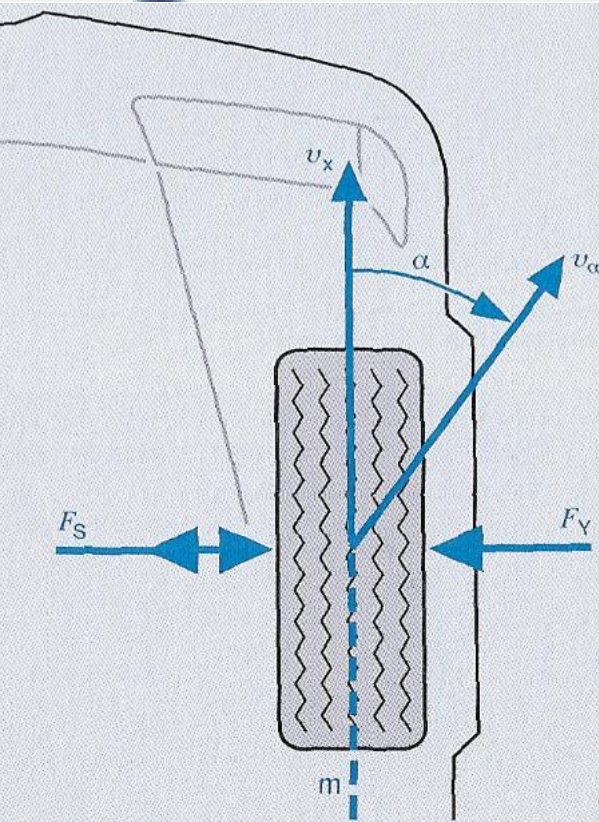
Брзина Km/h	Стање пнеуматика	Сув пут	Мокар пут (водени филм 0.2mm)	Јака киша (водени филм 1mm)	Локве (водени филм 2mm)	Љед
50	Нов	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 и мање
	Истрошен	1	0,5	0,4	0,25	
90	Нов	0,8	0,6	0,3	0,05	
	Истрошен	0,95	0,2	0,1	0,0	
130	Нов	0,75	0,55	0,2	0	
	Истрошен	0,9	0,2	0,1	0	

☐ Аквапланинг зависи од:

- Дебљине воденог слоја на подлози,
- Брзине возила
- Облика шаре пнеуматика, ширине пнеуматика и нивоа истрошења
- Оптерећења пнеуматика



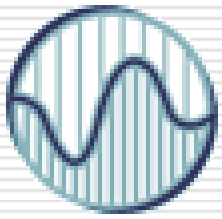
Бочне силе и бочне реакције



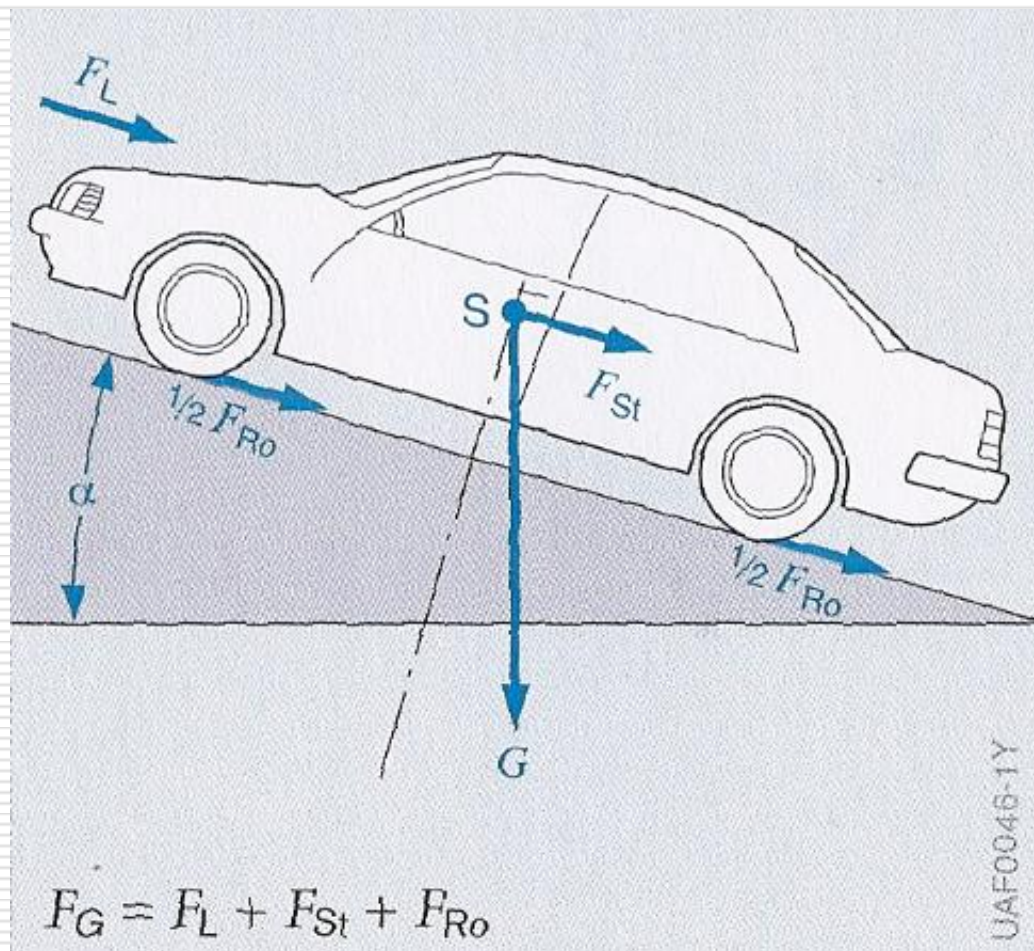
- γ - ugao povodjenja točka: ugao između vektora brzine vozila i uzdužne ose vozila
- Koeficijent bočnog klizanja: $\mu_S = \frac{F_S}{F_N}$

v_α – stvarna brzina točka
 v_x – brzina u podužnom pravcu
 F_S, F_Y – bočne sile
 α – ugao povodjenja točka

F_S – bočne sile
 F_N – opterećenje točka (normalna sila)



Силе које делују на возило при праволинијском равномерном кретању



□ $F_L = \frac{1}{2} c_w \rho A v^2$ - otpor vazduha

■ c_w - koeficijent otpora vazduha

■ ρ - gustina vazduha

■ A - čeona površina

■ v - brzina kretanja

UAF0046-1Y



Неравномерно кретање возила

□ Pri pravolinijskom kretanju:

- Kočenje: inercija vozila se ponaša kao propulzivna sila (potpomaže kretanje)
- Ubrzavanje: inercija vozila se ponaša kao sila otpora kretanja
- $F_{Ra} = \delta \frac{G}{g} \frac{dv}{dt}$ - otpor ubrzanja
 - G – težina vozila
 - g – ubrzanje zemljine teže
 - v – brzina vozila
 - δ - koeficijent uticaja obrtnih masa

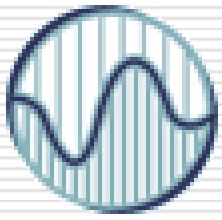
□ Pri kretanju u krivini

- tangencijalno ubrzanje: $a_t = \frac{dv}{dt}$
- normalno ubrzanje: $a_n = \frac{v^2}{R}$
- centrifugalna sila: $F_C = \frac{mv^2}{R}$

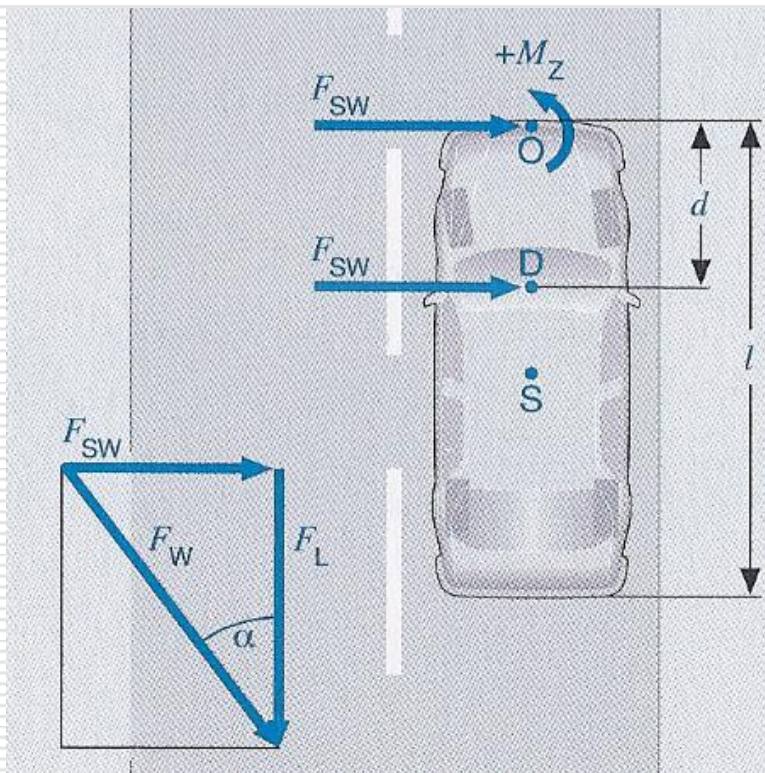


Фактори који утичу на пут кочења возила

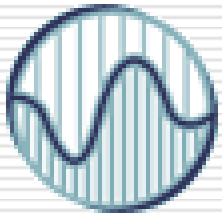
- ❑ **Брзина возила:** при константном успорењу пут кочења расте са квадратом почетне брзине
- ❑ **Оптерећење возила:** повећањем оптерећења повећава се пут кочења
- ❑ **Услови пута:** влажан пут смањује коефицијент пријањања, чиме се продужава пут кочења
- ❑ **Стање пнеуматика:** недовољна дубина шаре протектора повећава пут кочења, посебно на влажном путу
- ❑ **Стање кочница:** нпр. замашћене кочне плочице смањују силу кочења, чиме се продужава пут кочења
- ❑ **Фединг:** перформансе кочница значајно опадају њиховим загревањем



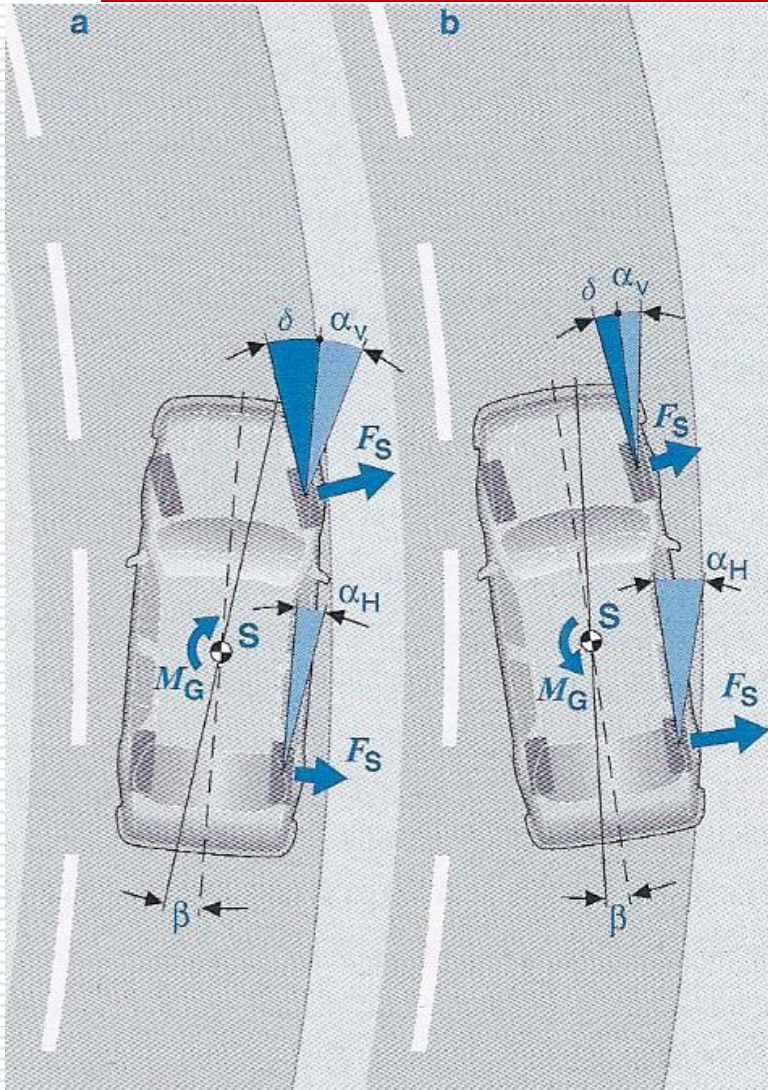
Динамика бочног кретања - кретање при бочном ветру



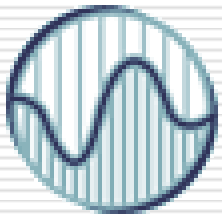
- ❑ F_{SW} - бо́чна компонента
аеродинамичке силе која делује у
тежишту бо́чне површине возила (D)
које се не поклапа са тежиштем
возила (S)
- ❑ да би се нападна тачка силе F_{SW}
померила на референтну тачку (O)
која се налази на средини предњег
дела возила, неопходно је додати и
moment скретања M_Z који доводи
до повођења тоčkova



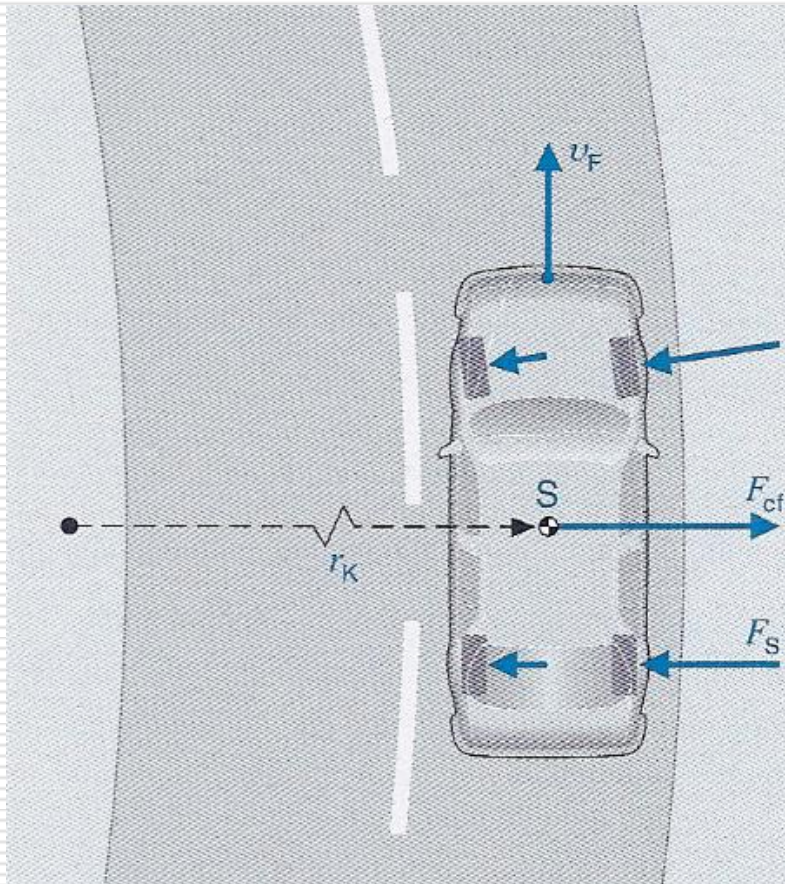
Утицај бочних сила на управљивост



- a) подуправљивост: угао повођења предњих точкова (α_v) је већи од угла повођења задњих точкова (α_H)
- b) надуправљивост: угао повођења задњих точкова (α_H) је већи од угла повођења предњих точкова (α_v)
- ☐ Из безбедносних разлога возила су пројектована тако да имају благу подуправљивост
- ☐ возила са предњом вучом подложнија су подуправљивости, а возила са задњом вучом подложнија су надуправљивости



Утицај центрифугалне силе при кретању у кривини



□ Центрифугална сила делује у тежишту возила и зависи од бројних фактора као што су:

- Радијус кривине
- Брзина возила
- Висина тежишта
- Маса возила
- Ширине трага
- Коефицијента пријањања
- Расподеле маса возила