

# Proračun NS

## *Metoda prostih konstrukcionih nosećih površina Metoda Pavlovskog*

*Dr Ing Pawlowski je dao koristan pristup analizi konstrukcija karoserije otvorenih kamiona. To je jednostavna i fleksibilna metoda.*

*Ovo je sistematičan postupak za primenu jednostavne idealizacije i postpaka analize koje su nastajale u početnim fazama razvoja samonosećih konstrukcija vazduhoplova.*

*Za svrhu analize, vozilo je predstavljeno pretežno pravougaonim limovima i odgovarajućim štapovima. Oni ne odgovaraju tačno panelima, prečkama i stubovima stvarne konstrukcije obzirom da ih „predstavljaju“ samo u smislu unutrašnje konstruktivne nosivosti elemenata - smicanja u slučaju panela i opterćenja na krajevima u slučaju štapova.*

*Ovakav prilaz daje vrlo jednostavnu a ipak sasvim prihvatljivu „idealizaciju“ konstrukcije karoserije vozila.*

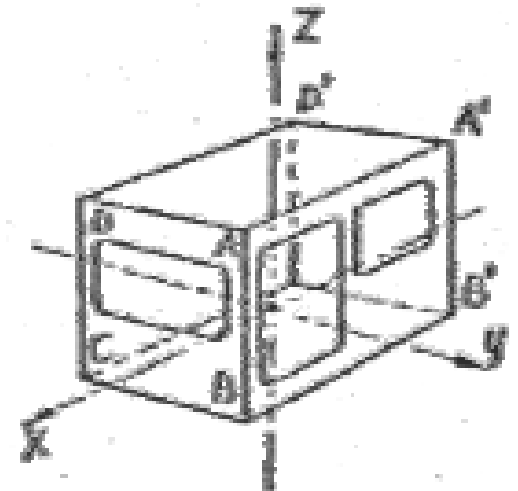
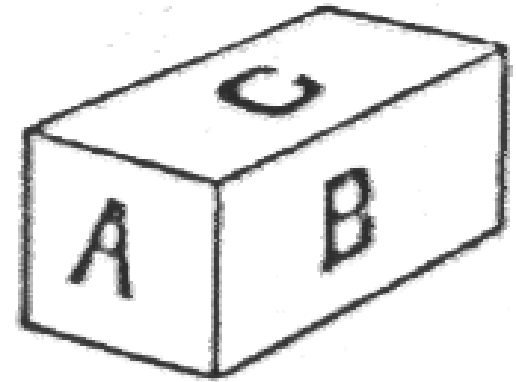
# Metoda nosećih površina

*Prvo se mora analizirati **moć nošenja** pojedinih delova noseće konstrukcije, kao i koji su od tih elemenata od „**primarnog**“, a koji od „**sekundarnog**“ značaja.*

*Ako se ovakvom analizom utvrde velike razlike u moći nošenja pojedinih elemenata, onda se uvode odgovarajuća **zanemarivanja**.*

*Potrebno je da se pri konstruisanju pazi da **elementi i „veze“ u „nizu“** distribucije merodavnih opterećenja budu **približno iste čvrstoće (krutosti)**.*

*Usaglašavanje krutosti primarni doprinos ove metode.*



# Metoda nosećih površina

## *Napomena:*

*Zone sa izraženo većom krutošću u nosećoj strukturi predstavljaju mesta koncentracije napona, jer „**navlače**“ na sebe opterećenje. Druge okolne zone značajno manje krutosti ne mogu da stupe u funkciju distribucije opterećenja iz sledećih razloga:*

***Deformacija** kao posledica distribucije opterećenja kroz strukturu je određena karakteristikama elemenata veće krutosti.*

*Za okolne elemente značajno manje krutosti ova deformacija dovodi do niskih vrednosti naprezanja, što za posledicu ima malo učešće ovih elemenata u prenosu opterećenja, jer materijal ovih elemenata ne može da bude iskorišćen pošto mu je **onemogućena potrebna deformacija** za stanja naprezanja koja odgovaraju njegovim karakteristikama.*

# Metoda nosećih površina

*Struktura nadgradnje često se formira sastavljanjem **kostura** (rešetke) i **oplate**.*

*Ako oplata učestvuje u prenosu opterećenja, kostur može da bude manje krut nego kada je on jedini noseći element.*

*Nadgradnje predstavljaju kombinaciju ljuske i štapova (greda) obrazujući **sistem površina**.*

*Pri projektovanju je potrebno **usvojiti osnovni oblik strukture** nadgradnje, kao i **glavne noseće elemente**.*

*Detaljni proračun ovakvih struktura u analitičkom obliku je veoma složen, a metoda koja koristi koncept “noseće površine” ovakve analize sprovodi na specifičan globalni način.*

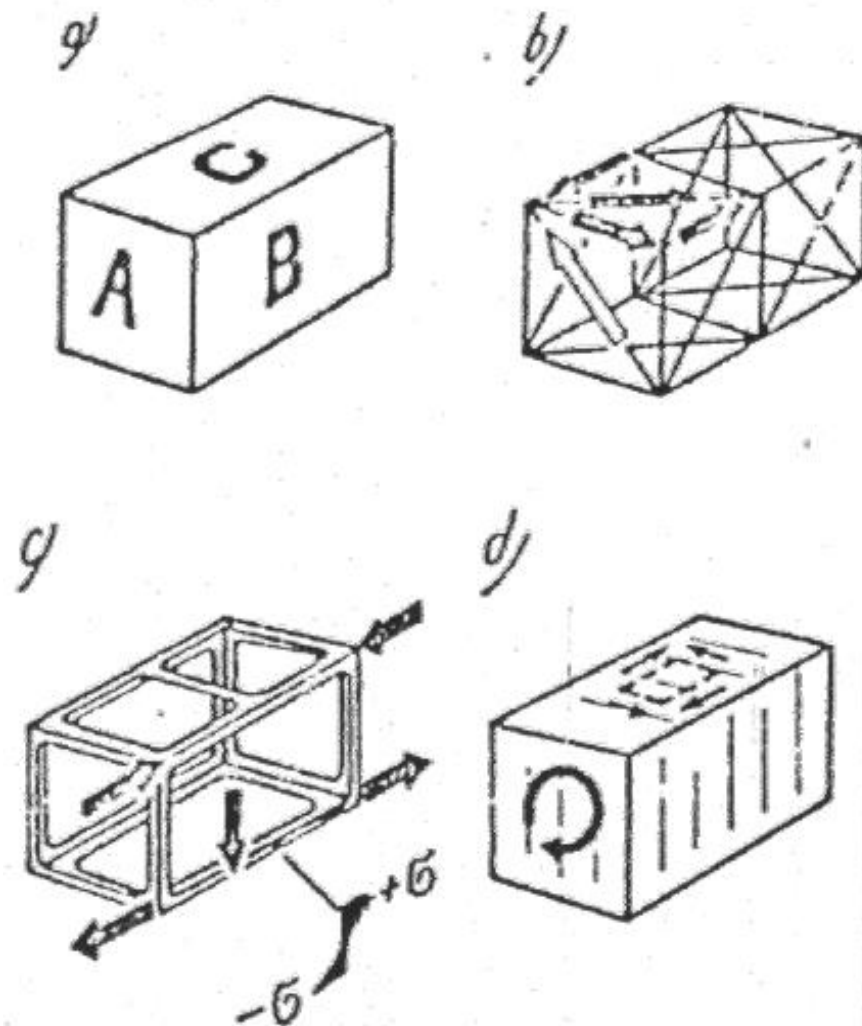
*Prethodno je potrebno definisati pojam „**noseće površine**“, koji se uvodi pri primeni ove metode.*

# Metoda nosećih površina

Na slici je predstavljena prostorna konstrukcije **bez unutrašnjih dijagonalnih veza** između naspramnih uglova.

Ako dijagonalno suprotna temena konstrukcije nisu spojena gredama (sl. a), onda je takva konstrukcija nastala kombinacijom nosećih površina.

Sa (b) je označena prostorna rešetka sa zglobno vezanim štapovima, (c) je prostorni okvir sa krutim vezama, a (d) su ploče koje nose opterećenje u sopstvenim ravninama.

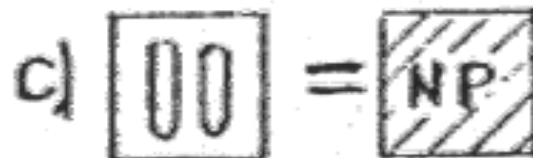
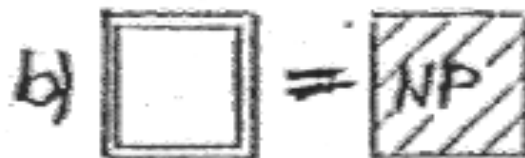


# Metoda nosećih površina

**Noseća površina** predstavlja element koji je **krut u sopstvenoj ravni** - na primer deo ravne rešetke, okvira, ploče sa otvorima (ograničene veličine) na sl. a, b i c.

Konstrukcija na sl. **d i e nisu** noseće površine, jer je zglobovno vezani četvorougao u stvari mehanizam, a i presečni okvir nije krut u sopstvenoj ravni.

Noseća površina **nije kruta** u odnosu na opterećenja **van njene sopstvene ravni**.



# Metoda nosećih površina

## ***Napomena:***

***Analiza noseće strukture se znatno uprošćava ako se ona posmatra kao sistem načinjen od nosećih i nenosećih površina.***

***Potom se pristupa odredjivanju reda veličine opterećenja na ivicama nosećih površina.***

***U drugoj etapi proračuna odredjuju se sile smicanja u funkciji od ivičnih opterećenja.***

***Tako se ovim prilazom prostorna konstrukcija razlaže na niz ravanskih problema, što omogućava uvodjenje uprošćenja kojim se izbegava složen proračun pri analizi ljuski.***

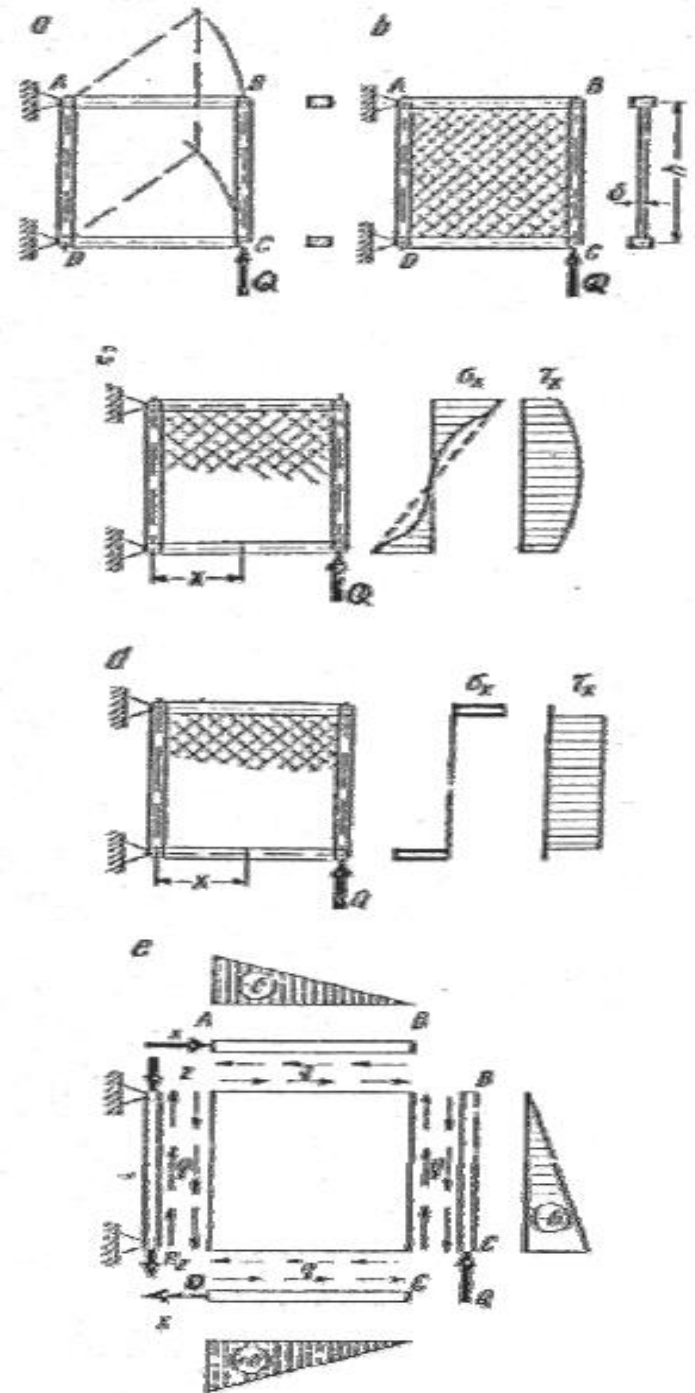
# Metoda nosećih površina

*Predpostavlja se da limovi predstavljaju ploče opterećene na smicanje u sopstvenoj ravni, pri čemu se ova opterećenja prenose na ivične štapove kao delove osnovne noseće strukture.*

*Kada se zglobnom četvorouglaoniku (a) doda tanka ploča (b) konstrukcija postaje kruta u odnosu na silu "Q".*

*Stvarna raspodela napona prikazana je na (c), a idealizovana na (d).*

*Slika (e) prikazuje idealizovane uslove ravnoteže koji se po ovoj metodi dobijaju. Uvidja se konstantan tok sila smicanja duž ivice ploče i linearna promena normalnih napona duž ivičnih štapova.*





# Metoda nosećih površina

## *Osnovni tipovi nosećih struktura*

*Sa stanovišta koncepta "noseća površina" noseće strukture motornih vozila se dele na:*

- 1. ravne*
- 2. otvorene samonoseće*
- 3. zatvorene samonoseće*

*Navedena podela **ne mora** da odgovara izgledu vozila, tako da vozilo sa krovom može da bude "otvoreno", ili "ravno".*

*Kao **kriterijum** za ocenu služi **pojava tangencijalnih sila na ivicama ploča** idealizovane strukture.*

*Kod **zatvorene samonoseće strukture** osnovne površine formiraju zatvorenu strukturu **pri čijoj torziji nastaju tangencijalne sile na svim ivicama.***

# Metoda nosećih površina

*Najjednostavniji primer zatvorene samonoseće struktura je paralelopiped.*

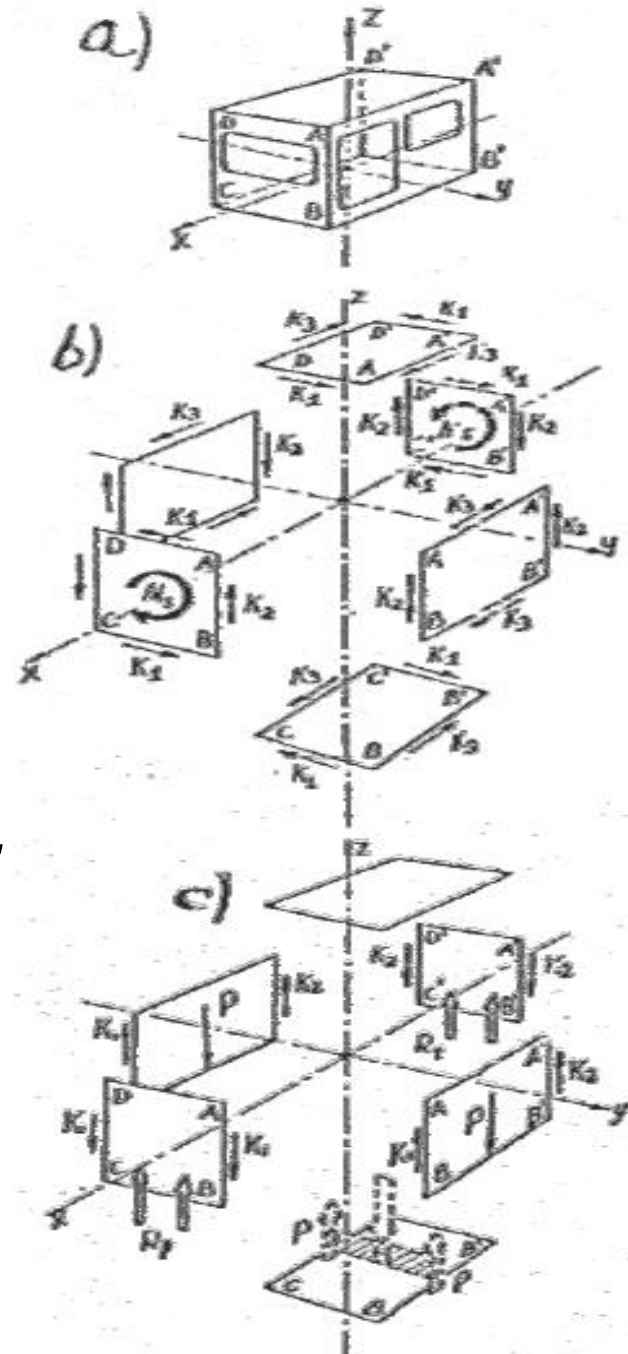
## UVIJANJE

*Pri dejstvu momenta uvijanja  $M_s$ , u ravni A-B-C-D, javljaju se granične sile  $K_i$ , izmedju svih nosećih površina, kao i reaktivni moment u ravni A'-B'-C'-D' (b).*

## SAVIJANJE

*Pri savijanju silom  $P$  (c), potreban je **dodatni element "H"**, zato što noseće površine nisu krute u odnosu na sile van svojih ravni.*

*Sile " $P$ " se uravnotežavaju silama " $K_1$ " i " $K_2$ " i ivicama bočnih stranica, odnosno reakcijama  $R_p$  i  $R_z$ .*



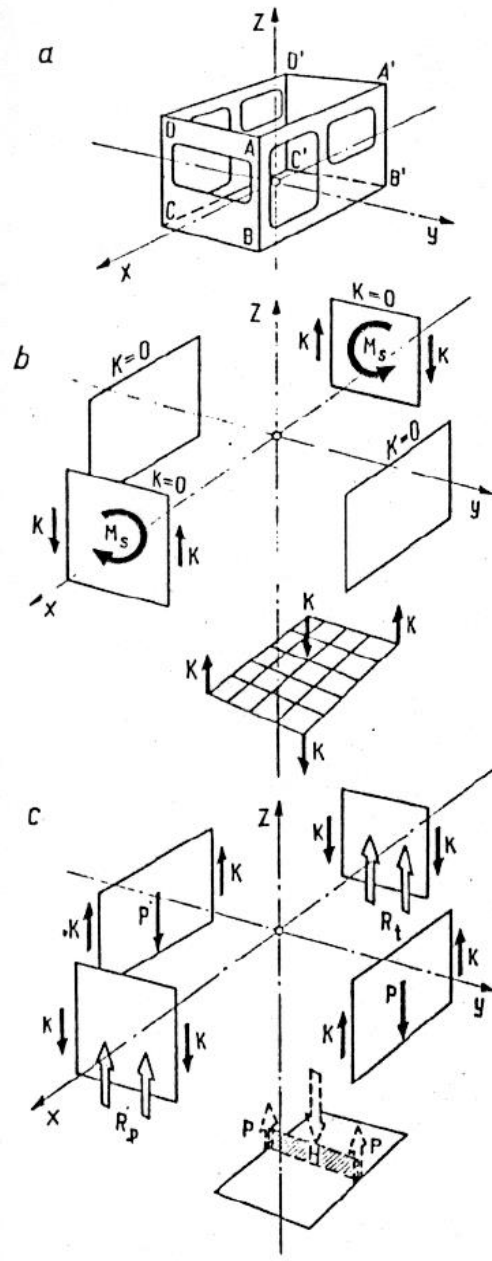
# Metoda nosećih površina

*Ako neka od površina zatvorene konstrukcije **nije kruta u svojoj ravni**, konstrukcija postaje "otvorena".*

*Otvorena samonoseća konstrukcije (karakteristična za vozila "kabriolet") nema gornju, ili prednju i zadnju noseću površinu (u sistemu oblika paralelopipeda). Konstrukcija je otvorena ako na nekim od ivica **nema sila smicanja**.*

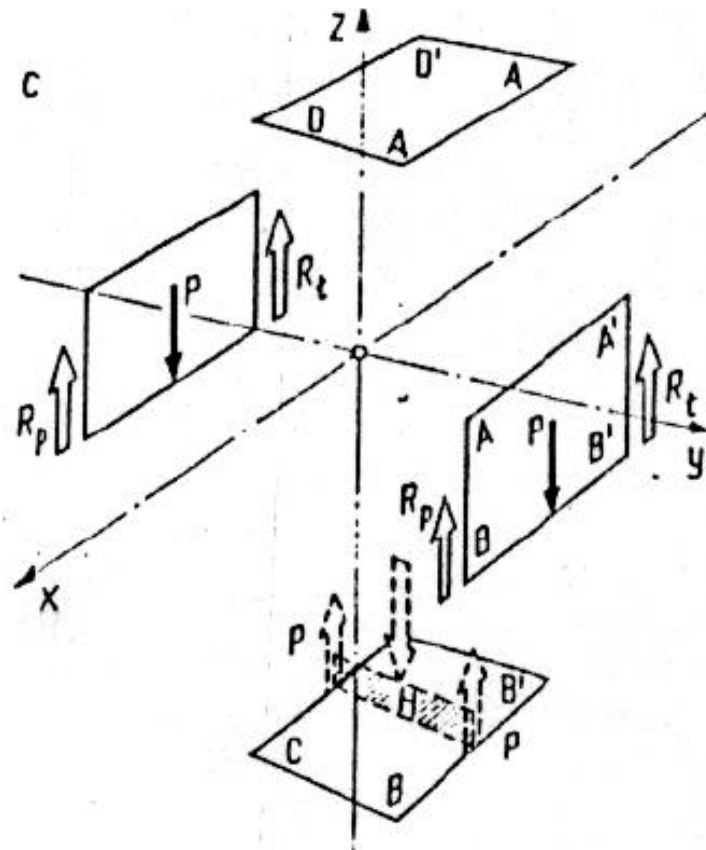
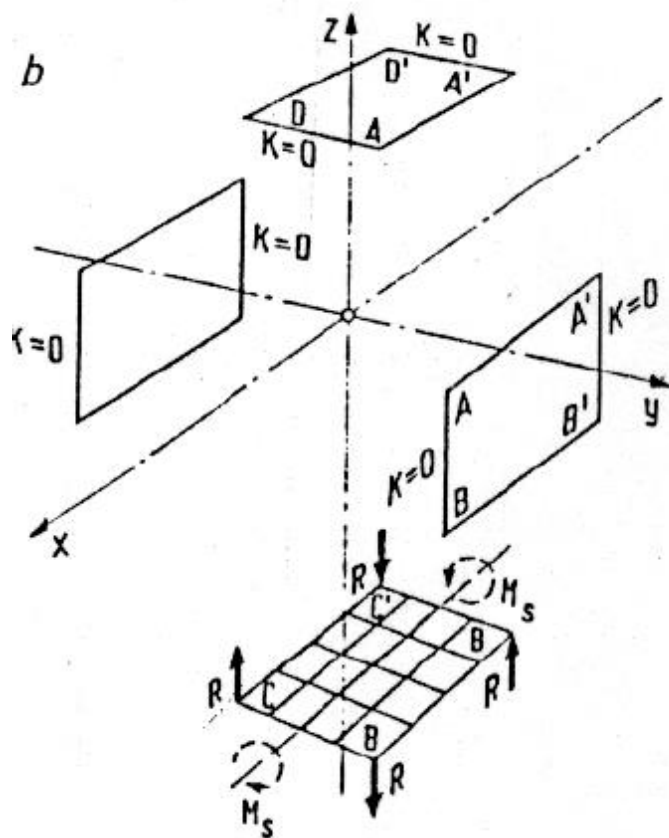
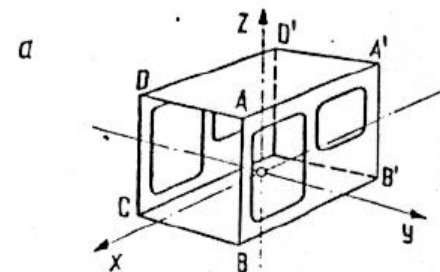
**UVIJANJE**      *Kod konstrukcije bez gornje ploče (krova), moment uvijanja stvara spreg jedino silama u vertikalnim ivicama prednje i zadnje ploče. Horizontalne ivične sile ne mogu da se jave jer nema reakcije u gornjim delovima vertikalnih površina. Uravnoteženje sila "K" može da se postigne jedino odgovarajućim vertikalnim reakcijama poda, koji u tom slučaju mora da bude dovoljno krut. Pod u ovom slučaju ne predstavlja pravu noseću površinu, jer je krut ne samo u sopstvenoj ravni.*

**SAVIJANJE**      *Simetrično opterećenje na savijanje otvorene konstrukcije daje praktično istu sliku opterećenja kao i kod zatvorene konstrukcije.*



# Metoda nosećih površina

*Karakteristična otvorena samonoseća konstrukcija koja nema prednju i zadnju noseću površinu (u sistemu oblika paralelopipeda).*



# Metoda nosećih površina

*Analiza bilo kakve konstrukcije vozila se, primenom metode noseće površine, u osnovnim crtama svodi na:*

*Odredjivanje nosećih površina idealizovanog modela konstrukcije*

*Odredjivanje tipa idealizovane konstrukcije*

*Odredjivanje elemenata koji mogu da predstavljaju ivične nosače (štapove, grede)*

*Razlaganje idealizovanog modela na ravne komponente*

*"Dovodjenje" karakterističnih spoljnih opterećenja na mestima na kojima deluju u stvarnoj konstrukciji (**prostorni problem**).*

*Analiza prenosa spoljnih opterećenja preko nosećih površina i ivičnih nosača (štapova)*

*Odredjivanje unutrašnjih opterećenja u pojedinim delovima noseće konstrukcije (**ravanski problem**), koristeći ravnotežu sila u spojevima. Na osnovu definisanog unutrašnjeg opterećenja sledi provera konstrukcije, odnosno dimenzionisanje.*

# Metoda nosećih površina

***Dobra osobina ove metode su:***

*Relativna jednostavnost,*

***Preglednost i***

*Stalno osećanje fizičke strane problema.*

***Proračun obično može da se izvede i bez računara, iako je i ovde moguća njegova primena.***

***Rezultati koje obezbeđuje mogu da posluže kao dragocena informacija o redu veličine opterećenja u pojedinim elementima, kao i o potrebnom odnosu njihovih krutosti, a u cilju usaglašavanja krutosti pojedinih segmenata noseće strukture.***

***Metoda je dovoljno opšta da se može primeniti na noseće konstrukcije svih motornih vozila.***

# Metoda nosećih površina

## *Nedostaci metode su:*

*Ne daje sliku deformacija, tako da se razlike izračunatih i eksperimentalnih vrednosti obično dosta velike (delom zbog idealizacije konstrukcije, a delom zbog približnog određivanja opterećenja).*

*Izračunavanje **deformacija** bi se izvodilo na osnovu teorije deformacija tankih ljuski, teorije nelinearnih pojava pri deformisanju ploča i sličnom, što zahteva mnogo više od inženjerskog pristupa.*

*Metoda takodje nije prikladna za analizu **oscilatornih** karakteristika noseće konstrukcije.*

*Koncept noseće površine treba svakako imati u vidu, naročito kada se radi prvi, orijentacioni proračun noseće konstrukcije motornog vozila. Podaci koji se dobijaju mogu da posluže kao dobra i brza smernica za konceptijski razvoj konstrukcije. **Globalno usmereno***

***usaglašavanje krutosti** segmenata NS. Značajno se olakšava kasniji proces optimizacije jer se smanjuje mogućnost konceptijskih neusaglašenost u interakciji pojedinih delova NS.*