

GLAVA II

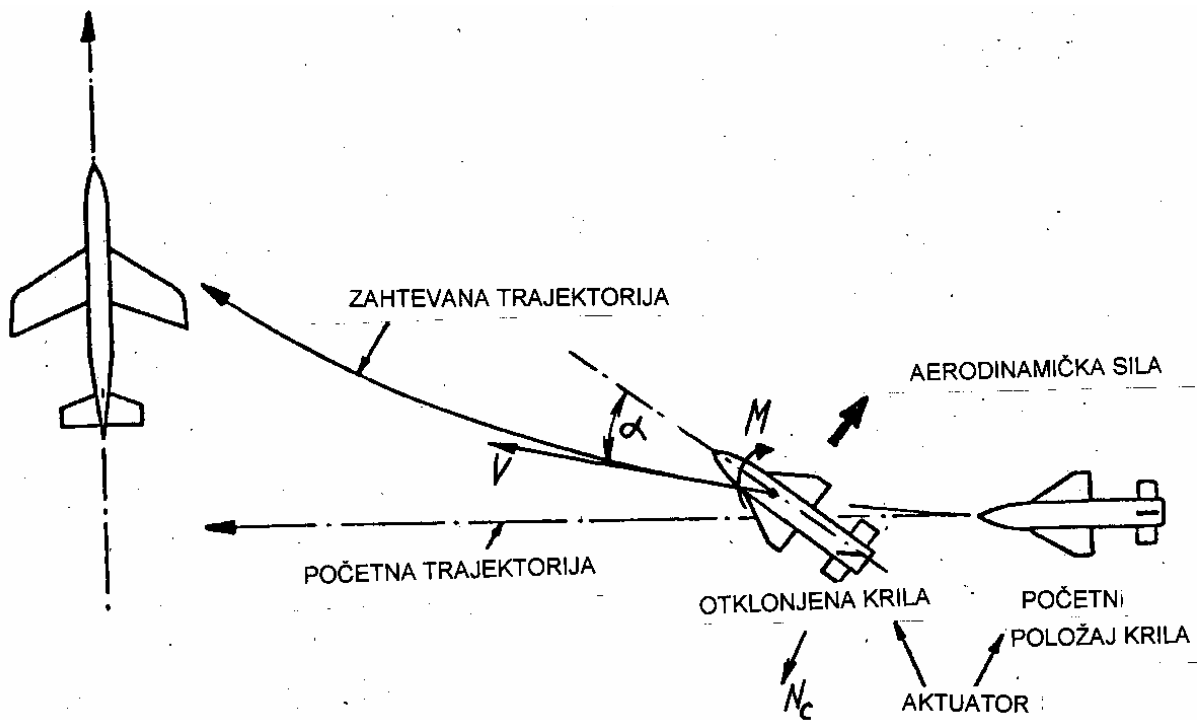
METODE UPRAVLJANJA RAKETOM

Princip upravljanja raketom. Dekartovo i polarno upravljanje. Zahtevi u projektovanju sistema upravljanja raketom. Definicija znaka otklona upravljačkih površina. Klasifikacija metoda upravljanja raketom. Osnovne aerodinamičke konfiguracije: normalna šema, šema sa zakrilcima, patka i šema obrtna krila. Statička stabilnost i upravljivost. Prednosti i nedostaci pojedinih aerodinamičkih šema. Upravljanje vektorom potiska.

2. METODE UPRAVLJANJA RAKETOM

OSNOVNI ZADATAK SISTEMA UPRAVLJANJA:

POSTIĆI ŽELJENU TRAJEKTORIJU OTKLONIMA UPRAVLJAČKIH POVRŠINA.

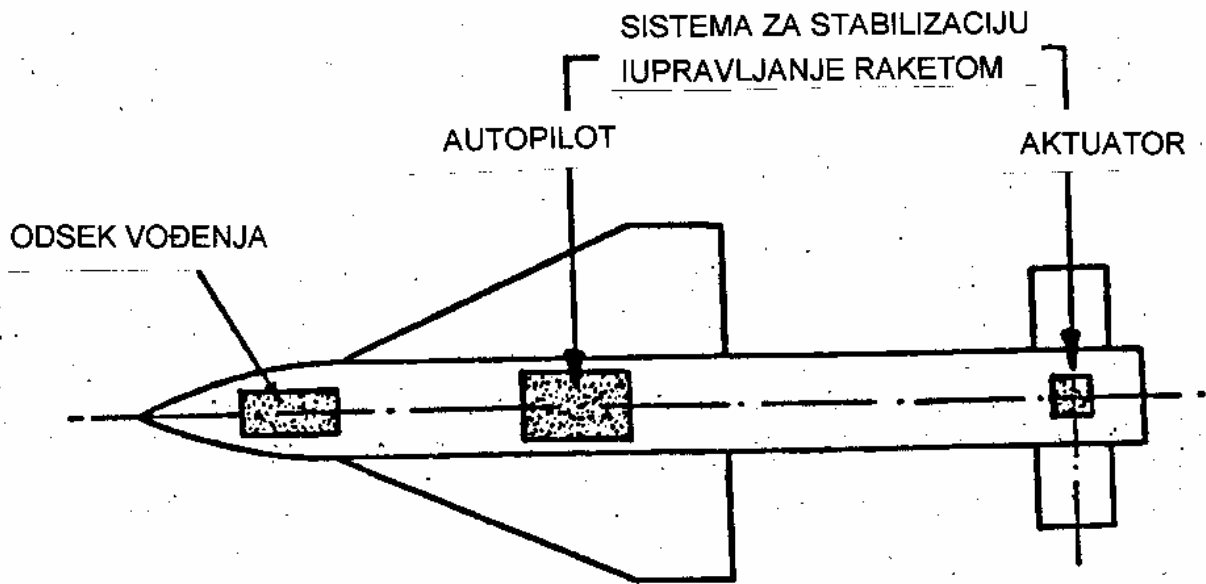


SLIKA 2.1 PRINCIP UPRAVLJANJA

DA BI SE POSTIGLA ŽELJENA AERODINAMIČKA SILA, POTREBNO JE:

- OTKLONINITI UPRAVLJAČKE POVRŠINE KOJE PROIZVODE UPRAVLJAČKU SILU I MOMENT OKO C.G;
- POSTAVITI RAKETU NA ODREĐENI NAPADNI UGAO KOJI PROIZVODI AERODINAMIČKU SILU.

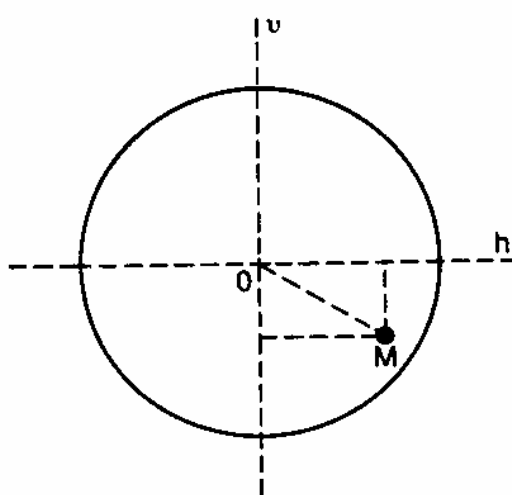
GLAVA II



SLIKA 2.2 ELEMENTI UPRAVLJANJA

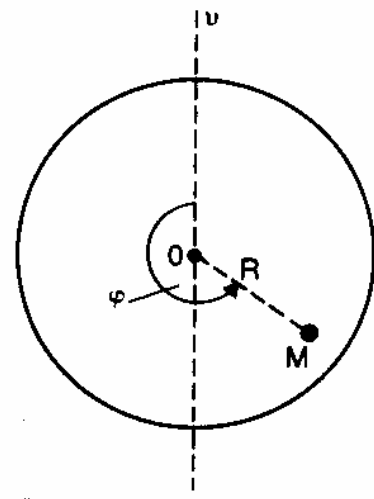
SISTEM ZA STABILIZACIJU I UPRAVLJANJE RAKETOM ČINE:

- AUTOPILOT (ŽIROSKPI, AKCELEROMETRI I DRUGI SENZORI);
- POKRETAČ UPRAVLJAČKIH POVRŠINA(AKTUATOR);
- UPRAVLJAČKE POVRŠINE.



A – DEKARTOVO UPRAVLJANJE

GREŠKE: h, v



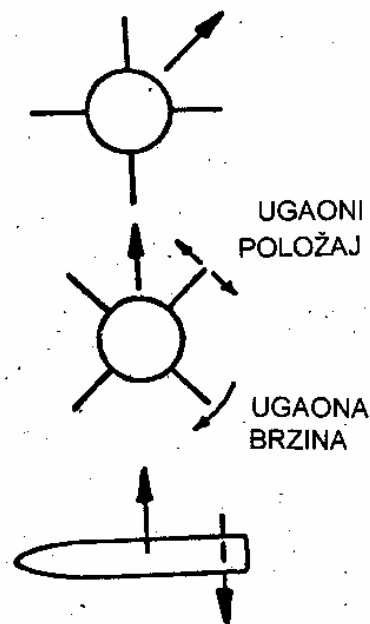
B – POLARNO UPRAVLJANJE

GREŠKE: φ, R

SLIKA 2.3 METODE UPRAVLJANJA RAKETOM

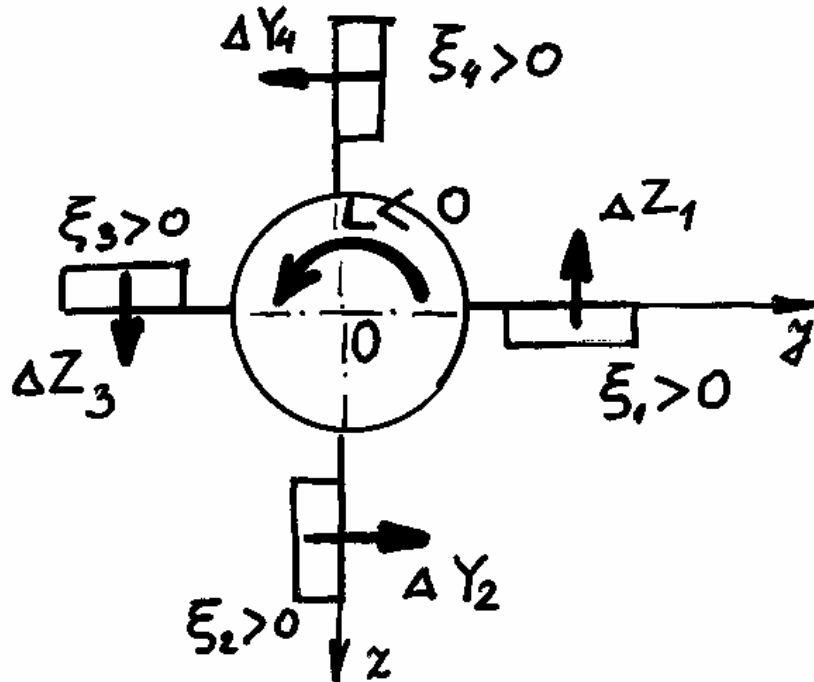
ZAHTEVI U PROJEKTOVANJU SISTEMA UPRAVLJANJA RAKETOM

1. POSTIĆI ŽELJENU KOMANDU PO INTENZITETU I PRAVCU;
2. POSTIĆI ŽELJENI UGAO VALJANJA ILI UGAONU BRZINU VALJANJA;
3. KOMPENZIRATI SILE U SMERU SUPROTNOM OD ŽELJENOG;
4. ULAZI U AUTOPILOT TREBA DA SU KONZISTENTNI PO VREMENU SA SIGNALIMA VOĐENJA;
5. POSTIĆI LINEARNU KARAKTERISTIKU: SILA – OTKLON UPRAVLJAČKIH POVRŠINA;
6. MINIMALAN UTROŠAK ENERGIJE, ODNOSNO MINIMALAN AERODINAMIČKI ŠARNIRNI MOMENT;
7. OBEZBEDITI MINIMALAN OTPOR I MINIMALNU PROMENU CENTRA DELOVANJA SILE USLED OTKLONA UPRAVLJAČKIH POVRŠINA.



SLIKA 2.4 ZADACI UPRAVLJANJA RAKETOM

DEFINICIJA ZNAKA OTKLONA UPRAVLJAČKIH POVRŠINA



SLIKA 2.5 POZITIVAN OTKLON UPRAVLJAČKIH KRILACA
(POGLED U SMERU LETA RAKETE)

A. OTKLON ELERONA (UPRAVLJAČKIH POVRŠINA VALJANJA):

$$\xi = \frac{1}{4}(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4) \quad \xi > 0 \Rightarrow L < 0$$

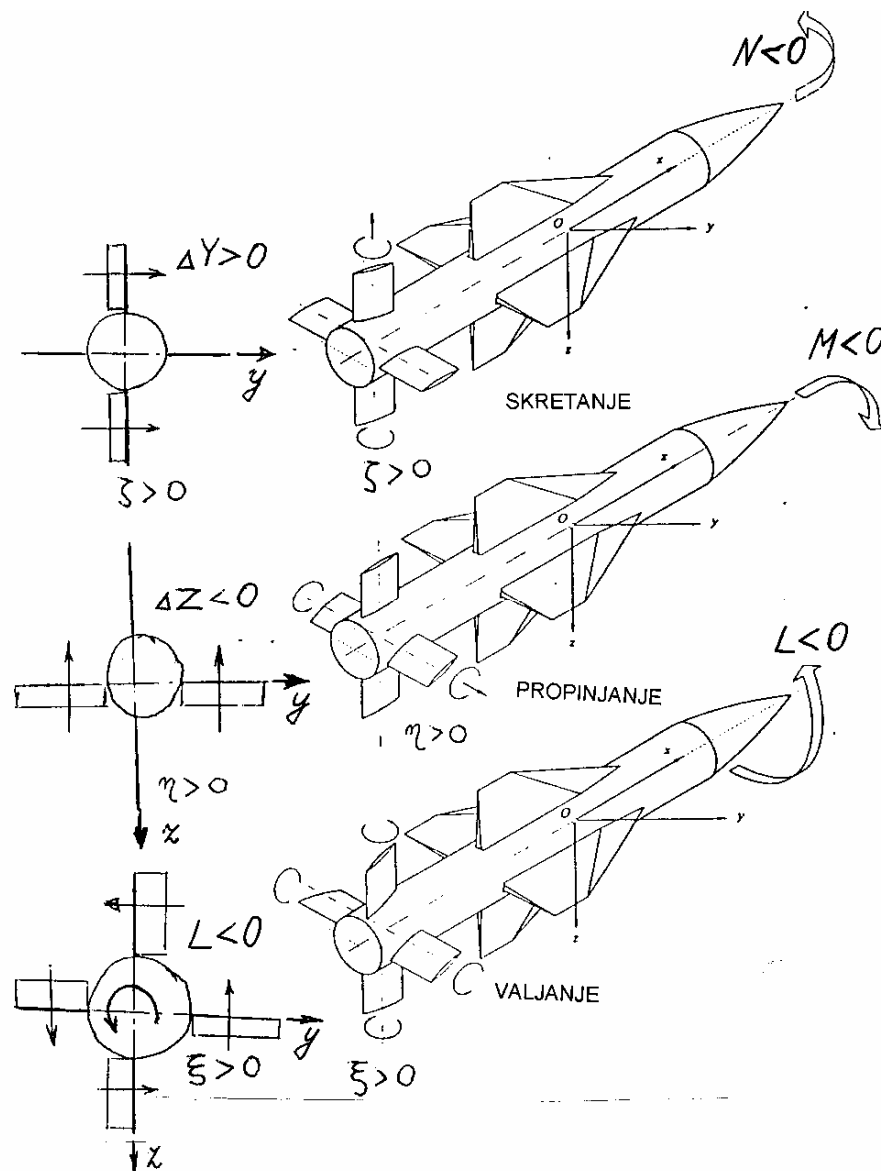
B. OTKLON UPRAVLJAČKIH POVRŠINA PROPINJANJA:

$$\eta = \frac{1}{4}(\xi_1 - \xi_2) \quad \eta > 0 \Rightarrow Z < 0$$

C. OTKLON UPRAVLJAČKIH POVRŠINA SKRETANJA:

$$\zeta = \frac{1}{4}(\xi_2 - \xi_4) \quad \zeta > 0 \Rightarrow Y < 0$$

GLAVA II



SLIKA 2.6 MOMENTI IZAZVANI OTKLONOM UPRAVLJAČKIH POVRŠINA

- A. POZITIVAN ξ PROIZVODI NEGATIVAN L
- B. POZITIVAN η PROIZVODI NEGATIVNU SILU Z I NEGATIVAN MOMENT M AKO SU UPRAVLJAČKE POVRŠINE IZA C.G.
- C. POZITIVAN ζ PROIZVODI POZITIVNU SILU Y I NEGATIVAN MOMENT N AKO SU UPRAVLJAČKE POVRŠINE IZA C.G.

GLAVA II

KLASIFIKACIJA METODA UPRAVLJANJA RAKETOM

1. DEKARTOVO UPRAVLJANJE

1.1 AERODINAMIČKO

1.1.1 UPRAVLJANJE VALJANJEM

- ROTIRAJUĆA RAKETA
- STABILIZACIJA UGLA VALJANJA
- STABILIZACIJA UGAONE BRZINE VALJANJA

1.1.2 UPRAVLJANJE PROPINJANJEM (SKRETANJEM)

- NORMALNA ŠEMA: UPRAVLJAČKE POVRŠINE IZA KRILA
- OBRTNA KRILA: UPRAVLJAČKE POVRŠINE SU KRILA
- ŠEMA PATKA: UPRAVLJAČKE POVRŠINE SU ISPRED KRILA

1.2 UPRAVLJANJE VEKTOROM POTISKA

- ROTIRAJUĆI RAKETNI MOTOR
- ROTIRAJUĆI MLAZNIK
- INTERCEPTORI ILI KRILA U MLAZNIKU
- UBRIZGAVANJE GASA U MLAZ RAKETNOG MOTORA

2. POLARNO UPRAVLJANJE – AERODINAMIČKO

- NORMALNA ŠEMA
- OBRTNA KRILA
- PATKA

GLAVA II

UZROCI VALJANJA RAKETE:

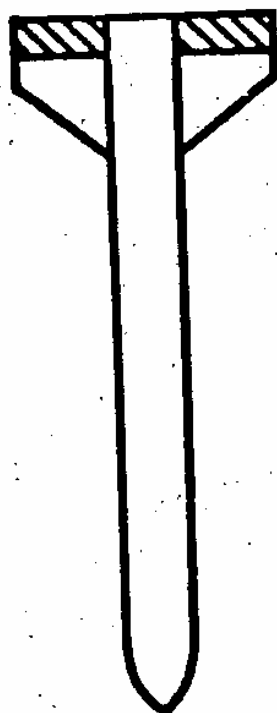
1. SLUČAJNE GREŠKE U IZRADI TELA RAKETE
2. ASIMETRIČNO OPTEREĆENJE KRILA I UPRAVLJAČKIH POVRŠINA
3. ATMOSFERSKI POREMEĆAJI

STABILIZACIJA VALJANJA RAKETE (UGLA ILI UGAONE BRZINE VALJANJA) NEOPHODNA JE U SLEDEĆIM SLUČAJEVIMA:

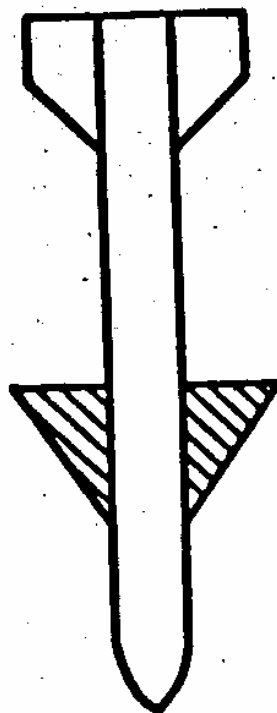
- A. RADARSKI VOĐENE RAKETE PRI LETU IZNAD MORA ILI ZEMLJE
- B. PROGRAMSKI VOĐENE RAKETE SA RADIO VISINOMEROM
- C. SAMONAVOĐENE RAKETE
- D. RAKETA SA USMERENOM BOJEVOM RAKETOM

POLARNO UPRAVLJANJE PODRAZUMEVA STABILIZACIJU UGLA VALJANJA ILI POSTAVLJANJE RAKETE NA ODREĐENI UGAO VALJANJA.

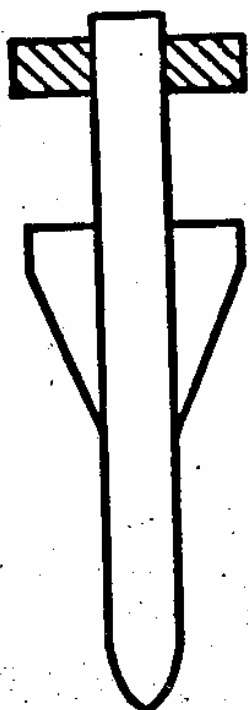
GLAVA II



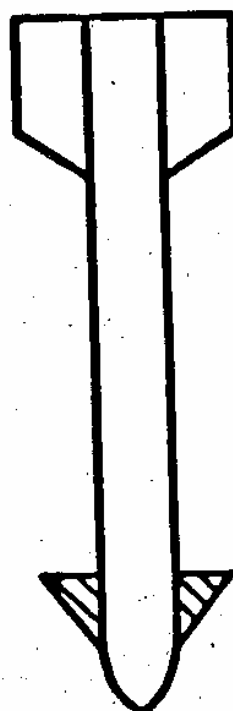
ŠEMA SA ZAKRILCIMA (FLAPSOVICIMA)



ŠEMA OBRтна KRILA



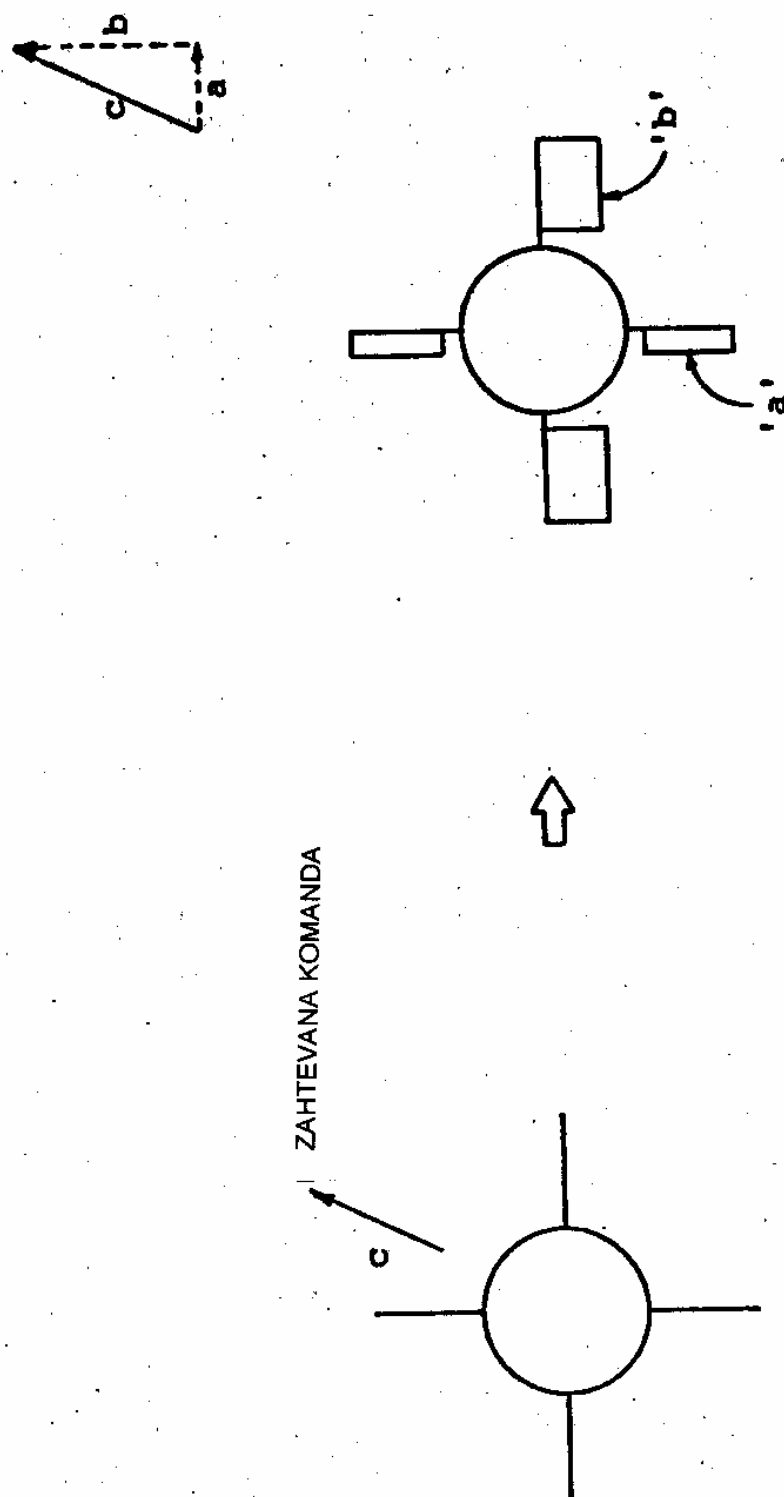
NORMALNA ŠEMA



ŠEMA "PATKA"

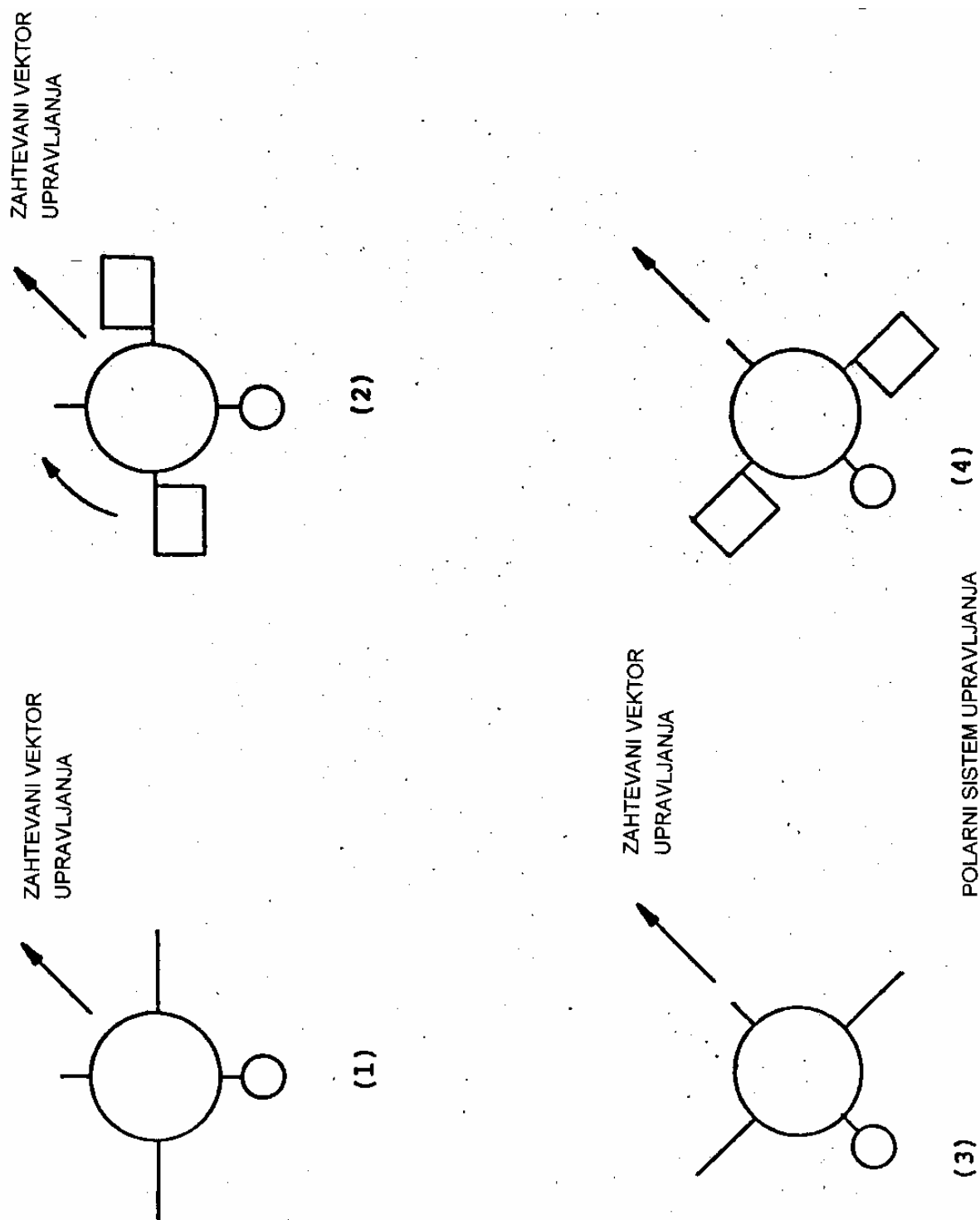
SLIKA 2.7 AERODINAMIČKE ŠEME VOĐENIH RAKETA

GLAVA II



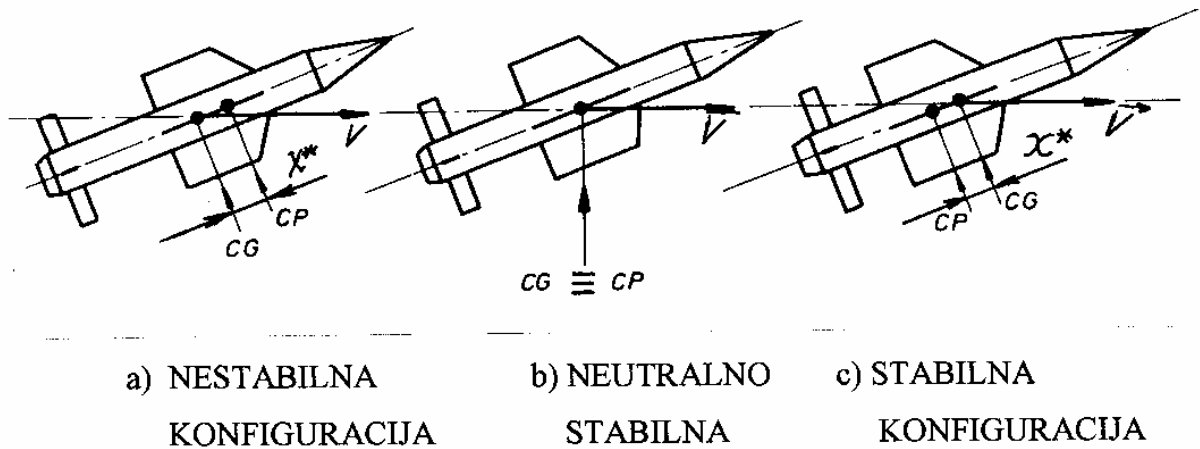
SLIKA 2.8 DEKARTOV SISTEM AERODINAMIČKOG UPRAVLJANJA

GLAVA II

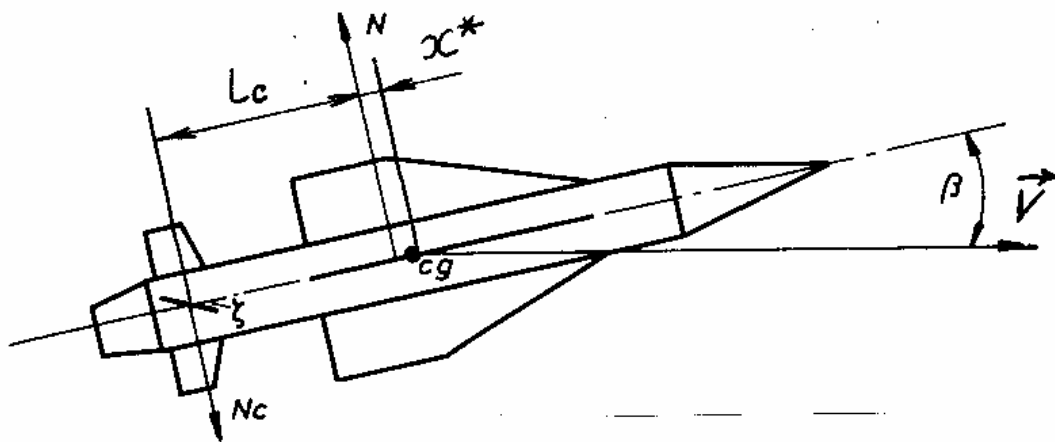


SLIKA 2.9 POLARNI SISTEM UPRAVLJANJA

GLAVA II



SLIKA 2.10 RELATIVNI POLOŽAJ CENTRA MASE I CENTRA AERODINAMIČKE SILE ZBOG NAPADNI OG UGLA



SLIKA 2.11 NORMALNA ŠEMA SUPERSONIČNE RAKETE

$$N_c l_c = N x^*$$

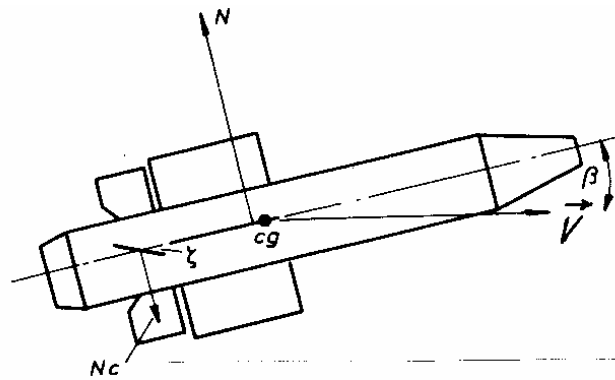
x^* - REZERVA STATIČKE STABILNOSTI

l_c - RASTOJANJE TAČKE UPRTLJAČKE SILE OD C.G.

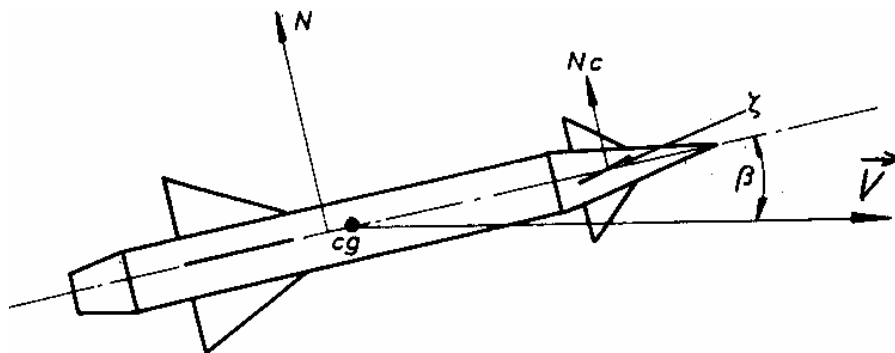
PRIMER:

$$\frac{l_c}{x^*} = 10 \Rightarrow N = 10N_c, N_{TOT} = N - N_c = 9N_c \Rightarrow N_{TOT} < N$$

GLAVA II



SLIKA 2.12 NORMALNA ŠEMA SUBSONIČNE RAKETE

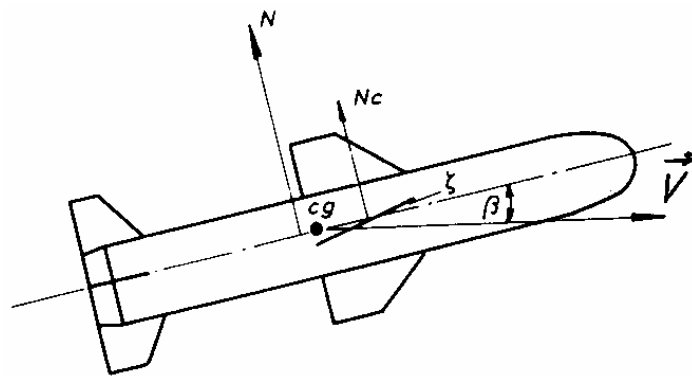


SLIKA 2.13 AERODINAMIČKA ŠEMA "PATKA"

PRIMER:

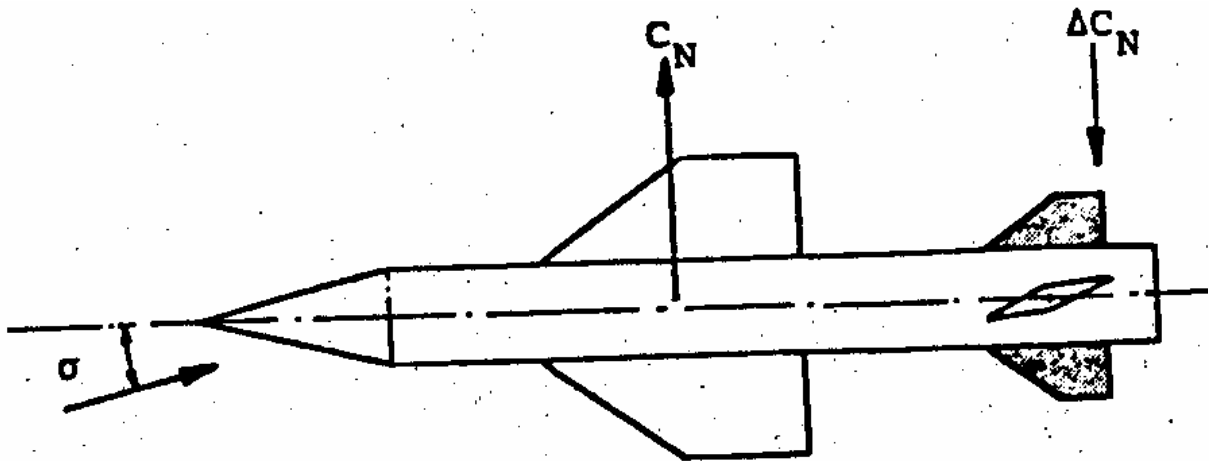
$$N_c l_c = N x^*$$

$$\frac{l_c}{x^*} = 10 \Rightarrow N = 10N_c, N_{TOT} = N + N_c = 11N_c \Rightarrow N_{TOT} > N$$



SLIKA 2.14 AERODINAMIČKA ŠEMA "OBRITNA KRILA"

GLAVA II



PREDNOSTI:

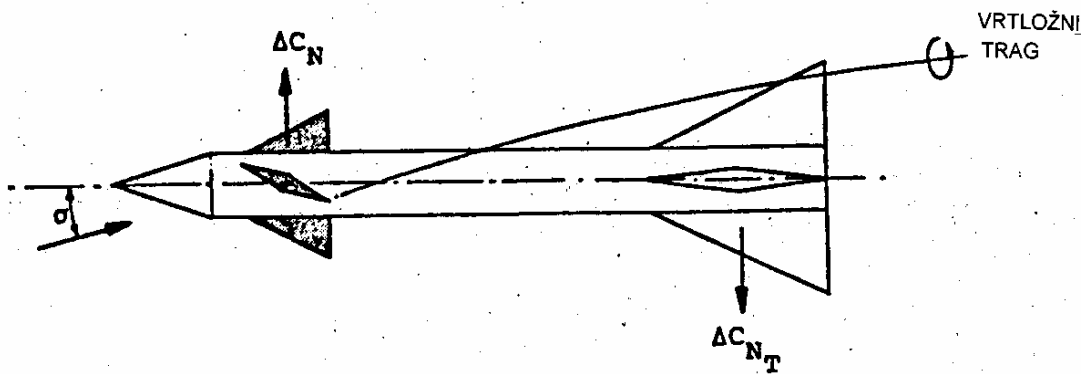
- VELIKA EFIKASNOST UPRAVLJAČKIH POVRŠINA
- MALA VREDNOST ŠARNIRNOG MOMENTA
- LINEARNA AERODINAMIKA

NEDOSTACI:

- SPOR ODGOVOR RAKETE (NEGATIVNA SILA ΔC_N)
- NEPOVOLJNA UGRADNJA AKTUATORA
- VELIKA PROMENA CENTRA DELOVANJA SILE
- USLOVI ZA STABILIZACIJU VALJANJA OGRANIČENI

**SLIKA 2.15 AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA
TIPA "NORMALNA ŠEMA"**

GLAVA II



PREDNOSTI:

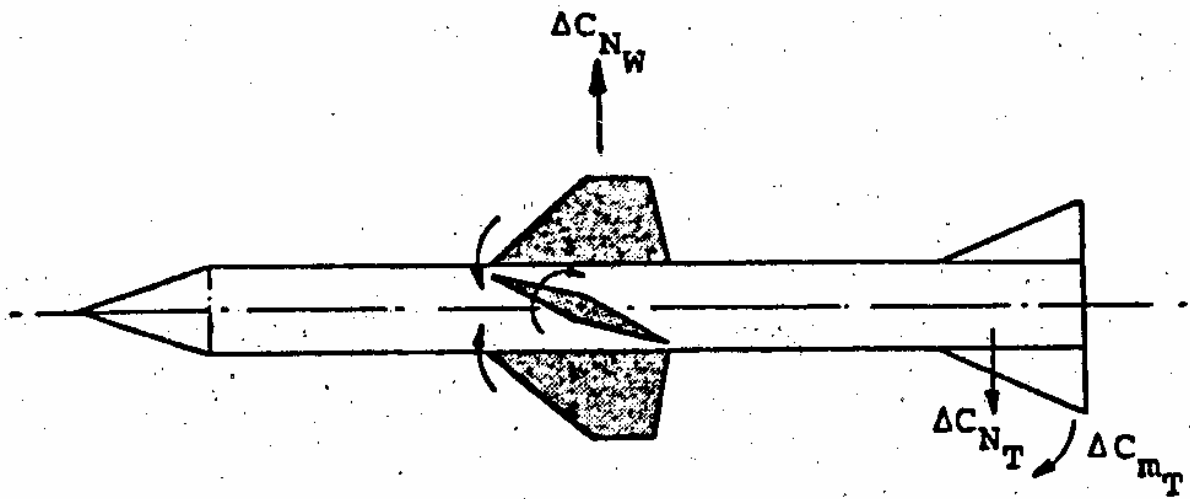
- VISOKA EFIKASNOST UPRAVLJANJA
- BRZI ODGOVOR RAKETE (POZITIVNA SILA ΔC_N)
- POVOLJNI USLOVI ZA UGRADNJU AKTUATORA
- MALA VREDNOST ŠARNIRNOG MOMENTA

NEDOSTACI:

- OTEŽANA STABILIZACIJA VALJANJA
- STVARANJE SILE IZVAN RAVNI UPRAVLJANJA
- VELIKA VREDNOST MOMENTA SAVIJANJA TELA RAKETE
- AERODINAMIČKI OTPOR
- NELINEARNA AERODINAMIKA

SLIKA 2.16 AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA TIPA "PATKA"

GLAVA II



PREDNOSTI:

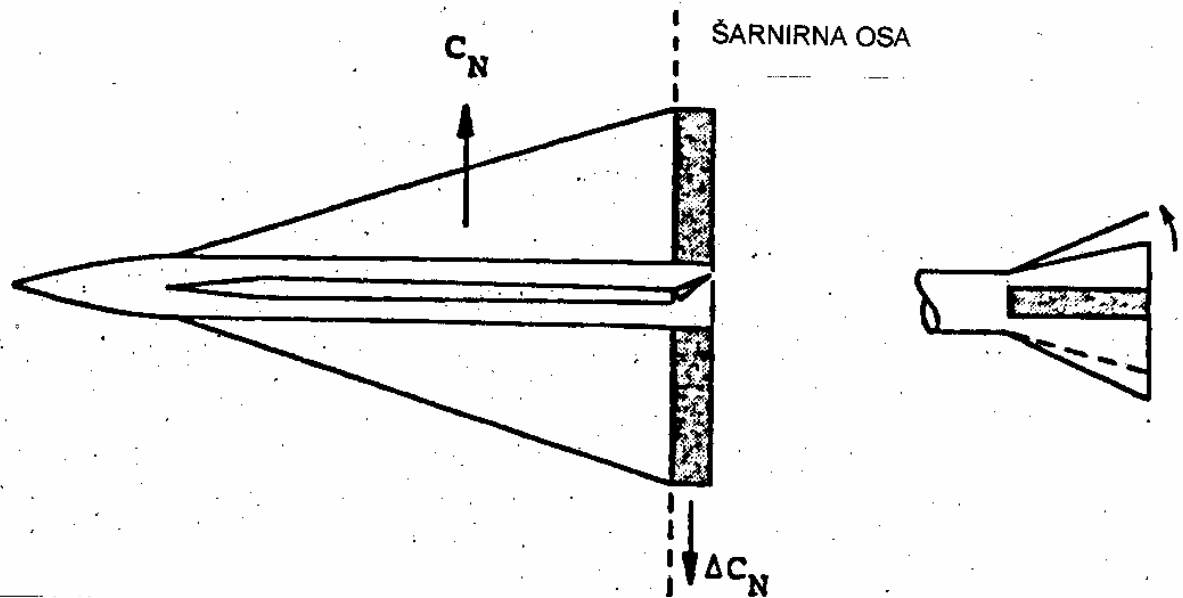
- BRZ ODGOVOR (SILA NA STABILIZATORU POTPOMAŽE ROTACIJU RAKETE)
- MALA VREDNOST NAPADNOG UGLA JE POGODNA ZA KONFIGURACIJE SA VAZDUŠNOREAKTIVNIM MOTOROM

NEDOSTACI:

- MALA EFIKASNOST UPRAVLJANJA ($\Delta C_{N_W} - \Delta C_{N_T}$)
- VELIKI ŠARNIRNI MOMENT
- SUPROTAN MOMENT VALJANJA
- NELINEARNA AERODINAMIKA

SLIKA 2.17 AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA TIPA "OBRITNA KRILA"

GLAVA II



a) ZAKRILCA NA KRILIMA (FLAPSOVI)
TELU

b) ZAKRILCA NA

PREDNOSTI:

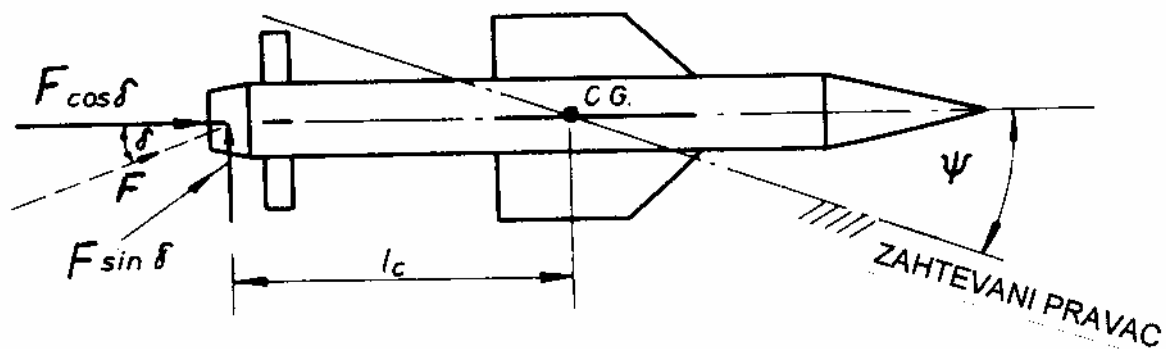
- ODSUSTVO DODATNIH POVRŠINA ZA UPRAVLJANJE
- DOBRA UPRAVLJIVOST PO PROPINJANJU I SKRETANJU.
U SLUČAJU a) DOBRA UPRAVLJIVOST I PO VALJANJU

NEDOSTACI:

- KRITIČAN SMEŠTAJ KRILA
- VELIKI ŠARNIRNI MOMENT
- ZAHTEVA SE DEBLJE KRILO ZA SMEŠTAJ AKTUATORA

**SLIKA 2.18 AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA SA ZAKRILCIMA
(FLAPSOVIMA)**

GLAVA II



UPRAVLJANJE VEKTOROM POTISKA KORISTI SE:

- PRI VERTIKALNOM LANSIRANJU SVIH INTERKONTINENTALNIH RAKETA
- AKO RAKETA VRŠI MANEVAR ODMAH POSLE LANSIRANJA
- KOD RAKETA VAZDUH-VAZDUH MALOG DOMETA
- KOD JEDNOSTAVNIH I JEFTINIH LANSERA
- PRI LANSIRANJU SA VOZILA
- PRI LANSIRANJU SA PODMORNICA

SLIKA 2.19 SILE PRI UPRAVLJANJU VEKTOROM POTISKA