

ODREĐIVANJE TEŽIŠTA TA, CENTAR POTISKA I AERODINAMIČKI CENTER

POSTOVANE KOLEGE

Pismeni komentar prati izlaganja slajdova datih u ppt.formatu

SLAJD 2

Kao dodatak, uz standardne mase za putnike i prijavljeni prtljag, avio-prevoznik može da traži od odgovornih lica odobrenje za standardne mase za ostale vrste tereta. **Ako nije** definisan raspored sedišta, broj putnika po redu sedišta, teret u pojedinačnim robnim odeljcima, gorivo u pojedinačnim rezervoarima, nije tačan proračun centraže, moraju da budu primenjene operativne granice prema odobrenim granicama položaja CG.

SLAJD 3

Tačka dejstva sile težine TA je u težištu TA, čiji položaj zavisi od mase TA i od raspodele mase na avionu. **Težište je** promenljivo u letu jer se tokom leta troši gorivo, kreću se kolica sa cateringom kroz putničku kabinu, kretanje putnika kroz putničku kabinu itd. **Znamo da je uticaj potiska** određen položajem motora ili konstruktivnim ograničenjem. **Ovakav položaj** napadne **tačke potiska** uzrokuje **spuštanje** momenta koji će u slučaju STOLINGA TA spustiti nos TA i dovesti ga u položaj za jedrenje, dok bi u suprotnom slučaju krilo izazvalo Moment propinjanja i prevlačenje ili **STOLING TA**.

SLAJD 4

Pre nego budemo analizirali stabilnost i upravljivost aviona potrebno je razmotriti ravnotežu, odnosno uravnoteženje sila koje deluju na TA. **Ako svaku** od sila razmotrimo pojedinačno može se ispostaviti da to nije baš jednostavan uslov koji treba biti ispunjen u toku leta aviona. **Aerodinamička** sila otpora i uzgona može se predstaviti kao dvokomponentna sila: **(pogledajte jednačine na slajdu)**

SLAJD 5

Rekli smo da je težište aviona tačka u kojoj deluje rezultujuća sila svih lokalnih težina odnosno masa na koje deluje zemljina gravitaciona sila. **Sam položaj** ustvari predstavlja balansnu tačku aviona koja je veoma uticajna na stabilnost i upravljivost aviona na zemlji i u vazduhu. **Pri projektovanju** aviona definiše se referentna ravan (na slici-limija DATUM) u odnosu na koju se izračunava položaj težišta. **Krak** dejstva lokalne mase (Arm) je ustvari rastojanje lokalne mase od referentne ravni. **Uzima se da** je krak pozitivan ukoliko se meri desno od referentne ravni prema kraju aviona. **Moment** sile težine, odnosno moment mase izračunava se po obrascu **(pogledajte slajd),.**

SLAJD 6

Dakle, iz svih dosadašnjih analiza moguće je zaključiti da teret mora biti tako raspoređen da se težište nađe u okvirima sertifikovanih granica. **Ukoliko je** položaj težišta pomeren suviše napred potrebno je izvršiti premeštanje prtljaga iz prednjeg u zadnji odeljak za prtljag ili suprotno za slučaj da je težište pomeren znatno

unazad. **Naravno da je u tim** slučajevima potrebno odrediti koliku masu je potrebno premestiti u drugi poznati položaj. **Prema slici** , težište koje se nalazi na rastojanju (a) od referentne ravni, treba pomeriti unazad da bi došlo u propisanu graničnu zonu koja se nalazi na rastojanju (b). **Prema** tome potrebno je određeni prtljag mase **m** premestiti iz prednjeg prtljažnika (A) u zadnji prtljažnik (B). **U tom slučaju** imamo da je moment mase jednak (pogledajte jednačinu **slajd**),. **Ako je zahtevano** pomeranje težišta definisano minimalnim rastojanjem (b) u odnosu na repnu ravan onda je novi moment ukupne mase aviona jednak (pogledajte **slajd**),.

SLAJD 7

Položaj CG na avionu može se podešavati dodavanjem ili oduzimanjem masa tereta. **Masa** koja se dodaje da bi se težište dovelo u određene granice naziva se balans. **Dodavanje ili** oduzimanje masa vrši se kada je težište izvan dozvoljenih granica kao što vidimo na slici. **Izračunati položaj** CG za masu aviona je na rastojanju (x) od repne površine. **Težište mora** biti pomeren minimalno do prednjeg graničnog položaja koji je određen rastojanjem (Y) od repne površine. **Ovo se ostvaruje** dodavanjem određene mase u prtljažniku (B). **Dodavanjem mase**, ukupna masa će sad iznositi (pogledajte jednačinu **slajd**),. **Da bi se** težište minimalno pomerilo dovodenjem u prednji krajnji položaj postavljamo jednakost: (pogledajte jednačinu-**slajd**), **Dakle, jednak** je zbiru prethodnog ukupnog momenta i kargo momenta od dodane mase.

SLAJD8

Srednja aerodinamička tetiva je referentna tetiva krila na osnovu koje se izračunavaju aerodinamičke karakteristike krila. **Iz razloga što** položaj težišta utiče na stabilnost i upravljivost neophodno je znati položaj težišta u odnosu na srednju aerodinamičku tetivu (MAC). Ako napadnu ivicu MAC obeležimo sa 0 % , a izlaznu (TEMAC) sa 100 %, onda će svakoj tački na MAC odgovarati određena vrednost od 0 do 100 %.

SLAJD 9

Za lake avione u koje spada i SEP (**jednomotorni klipni avion**) , osnovna masa praznog aviona (BEM) i položaj težišta za tu masu (CG) su osnovni podaci za dokumentaciju o težinama i balansu i početni podaci na osnovu kojih se izračunavaju sve druge potrebne mase i položaji težišta.

SLAJD 10

SLAJD 11

Cela površina aeroprofila doprinosi uzgonu. **Tačka duž** tetive gde je distribucija uzgona efektivno koncentrisana naziva se CP i predstavlja funkciju krive i koeficijenta uzgona tj.napadnog ugla. **Sa slike** vidimo da ukoliko se povećava napadni ugao od **0 do 16** stepeni, usisavanje na gornjaci pomera se napred pa se tačka u kojoj se uzgon efektivno koncentriše tj. CP pomera napred. **Dakle, u ovom** slučaju veličina uzgonske sile raste sa rastom napadnog ugla sve do STOLINGA kada sila uzgona opada naglo i CP se pomera nazad. **Sa slike** vidimo da je CP u krajnjem prednjem položaju malo pre dostizanja **Czmax.tj.malo pre STOLINGA.**

SLAJD 12

Znamo da raspodela pritiska na aeroprofilu ,nastala usled opstrujavanja vazduha stvara aerodinamičke momente kao i sile. **Postoje dva** načina da se razmotre promene momenata i sila u funkciji napadnog ugla a to su : (slajd), **AC je fiksna** tačka na tetivi oko koje je promena momenta propinjanja konstantna. **Kod simetričnih** aeroprofila promena veličine sile uzgona ne dovodi do promene CP. **Na osnovu ove** osobine možemo zaključiti da je moment propinjanja oko AC jednak nuli na različitim napadnim uglovima.

SLAJD 13

SLAJD 14

SLAJD15

U slučaju kada je CP iza težišta TA za uravnoteženje ovog spuštajućeg momenta moguće rešenje je da sila otpora bude iznad sile potiska ili vučne sile kod elisno ili turbo mlaznih TA.(**vidimo na slici-pogledati slajd**).

SLAJD16

Ovakvo rešenje predstavlja konstruktorski izazov jer postavljanje pogonske grupe nisko u slučaju sa elisno i sa turbo fenskim motorima može biti često i nemoguće. **Dakle, problem** je sa aerodinamičkim otporom, jer kod TA sa fiksnim stajnim trapom pravac dejstva sile otpora je ispod dejstva sile potiska , što smo već rekli da izaziva spuštajući moment. **U ovakvom slučaju CP** može da se postavi ispred težišta ali to ima negativne posledice na stabilnost u slučaju otkaza motora. Na sledećim slajdovima pogledajmo različite položaje težišta i CP.

SLAJD17

Vazduhoplov kod koga je težište više napred je jako uzdužno stabilan i teško upravljiv, pa može imati prilikom sletanja brzinu veću od one koju bi mogao da ostvari prema svojim performansama. **U poletanju** mu je potrebna veća brzina i duža staza za poletanje. **U krstarenju**, takav vazduhoplov zahteva trimovanje što stvara dodatni otpor, a samim tim i veću potrošnju goriva.

SLAJD18

U tom slučaju krmilo se zaokreće u položaj kojim stvara dopunsku silu poniranja ili propinjanja i taj postupak se naziva trimovanje. **Krmilo tada** povećava otpor sredine i taj dopunski otpor se naziva trim otpor

SLAJD19

ZADATAK ZA VEŽBE:

ODREĐIVANJA TEŽIŠTA AVIONA - analitički metod

ZADATAK

1. Analitičko određivanje sertifikovanih ograničenja položaja težišta

Za transportni avion, raspoložive putničke kabine od 150 sedišta, čija je masa

$m_{av} = 51.300 \text{ kg}$ odrediti:

- Operativno ograničenje položaja težišta $L_{ogpCG} = ? \text{ m}$
- Rezultujući moment $M_{rezultujući} = ? \text{ kg m}$
- Masu robe u kontejneru ULD $m_{ULD} = ? \text{ kg}$,

ako sertifikovane granice uzete iz tehničke dokumentacije aviona iznose:

- Prednji krajnji položaj težišta $l_{pCG} = 16,45 \text{ m}$
- Zadnji krajnji položaj težišta $l_{kzCG} = 17,35 \text{ m}$.

Prvi red sedišta u odnosu na referentnu tačku je na udaljenosti od $l_{1s} = 8,56 \text{ m}$, dok je poslednji red u odnosu na referentnu tačku postavljen na razdaljini od $l_{2s} = 25,742 \text{ m}$. Na osnovu statističkih podataka, za tržišta na kojem se obavlja saobraćaj, usvojeno je, da putnik sa ručnim prtljagom ima masu $m_p = 84,78 \text{ kg}$. Pretpostavlja se da je prilikom ukrcavanja putnika, 20% putnika selo na dodeljena mesta, dok se preostali deo putnika raspodelio po sopstvenoj želji. Pred poletanje, na osnovu određene operativne granice položaja težišta, prevozilac je ukrcao dodatne putnike, tako da je položaj težišta došao u položaj $l_{up} = 16,5325 \text{ m}$, skoro 0,045 m unutar operativnog ograničenja. Na osnovu zahteva poslovnih partnera, prevozilac je par minuta pre poletanja ukrcao u prednji cargo odeljak robe

u kontejneru ULD, čije je težište udaljeno od referentne tačke $l_{CG} = 10,675 \text{ m}$, stvarajući moment uzrokovan dodatnom masom robe $M_{ULD} = 5337,50 \text{ kg m}$.

REŠENJE:

□ **Položaj centroida:**

□ **Položaj centroida:**

$$\bar{X}_{kabine} = \frac{l_1 \text{ m} \cdot l_2 \text{ m}}{2} = \frac{8,56 \text{ m} \cdot 25,742 \text{ m}}{2};$$

$$\square \bar{X}_{kabine} = 17,151 \text{ m}$$

Što znači da iz uslova zadatka 20 % putnika sedi na sedištima koja su ispred vrednosti 17,151 m i da 20 % putnika sedi na sedištima koja su iza 17,151 m.

Pretpostavka :

- 20 % ili 30 putnika sede na sedištima koja se nalaze na centroidu koji predstavlja prednju ili zadnju polovinu putničke kabine.

□ **Položaj centroida za obe ove promene:**

I polovina: centroid lociran na položaju u odnosu na referentnu tačku \bar{X}_{napred}

$$\bar{X}_{napred} = \frac{l_1 \text{ m} \cdot \bar{X}_{kabine} \text{ m}}{2} = \frac{8,56 \text{ m} \cdot 17,151 \text{ m}}{2};$$

$$\square \bar{X}_{napred} = 12,855 \text{ m}$$

II polovina: centroid lociran na položaju u odnosu na referentnu tačku \bar{X}_{nazad}

$$\bar{X}_{nazad} = \frac{l_2 \text{ m} \cdot \bar{X}_{kabine} \text{ m}}{2} = \frac{25,742 \text{ m} \cdot 17,151 \text{ m}}{2};$$

$$\square \bar{X}_{nazad} = 21,446 \text{ m}$$

- 20% putnika se pomeri sa sredine kabine na novu lokaciju na sredinu prednjeg dela kabine.

□ **Moment proizveden** pomeranjem putnika na drugu lokaciju:

$$M_{napred} = n_p \text{ m}_p \text{ kg} \cdot \bar{X}_{napred} \text{ m} \cdot \bar{X}_{kabine} \text{ m} = 30 \cdot 4,78 \text{ kg} \cdot 12,855 \text{ m} \cdot 17,151 \text{ m};$$

$$\square M_{napred} = 10.925,175 \text{ kg m}$$

- 20% putnika se pomeri sa sredine kabine na novu lokaciju na sredinu zadnjeg dela kabine.

□ **Moment proizveden** pomeranjem putnika na drugu lokaciju:

$$M_{nazad} = n_p \cdot m_p \cdot \bar{X}_{nazad} - \bar{X}_{kabine} \cdot M$$

□ $M_{nazad} = 10.925,175 \text{ kg m}$

✚ **Određivanje vrednosti pomeranja sertifikovanih granica težišta:**

$$M_{napred} = \bar{X} \cdot M - \bar{X} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \cdot M - \bar{X} \cdot M$$

✚ **Moment pomeranja težišta (prednji rezultujući moment):**

$$M_{pCG} = m_{av} \cdot l_{rp} = 51.300 \text{ kg} \cdot 16,45 \text{ m};$$

□ $M_{pCG} = 843.885 \text{ kg m}$

$$M_{rCG} = M_{pCG} + M_{napred} = 834.885 \text{ kg m} + 10.925,175 \text{ kg m} \quad \square \quad M_{rCG} = 845.810,175 \text{ kg m}$$

✚ **Novi položaj operativnog ograničenja položaja težišta:**

$$L_{opCG} = \frac{M_{rCG}}{m_{av}} = \frac{845.810,175}{51.300} \text{ -operativno ograničenje položaja težišta}$$

□ $L_{opCG} = 16,487 \text{ m}$

Na osnovu pretpostavki o ukrcavanju dodatnog broja putnika, kao i ukrcavanje robe u kontejneru ULD u prednji cargo odeljak robe sledi:

□ **masa ukrcane robe u kontejneru ULD:**

$$M_{ULD} = l_{cCG} \cdot m_{ULD} \quad \square \quad m_{ULD} = \frac{M_{ULD}}{l_{cCG}} = \frac{5337,5 \text{ kg m}}{10,675 \text{ m}};$$

Sada određujemo novi položaj ograničenja položaja težišta:

$$l_{ULD} = \frac{M_{ULD} \text{ kg m} + m_{av} \text{ kg} \cdot l_{up} \text{ m}}{m_{av} + m_{ULD}} = \frac{5.337,5 \text{ kg m} + 51.300 \text{ kg} \cdot 16,532 \text{ m}}{51.300 \text{ kg} + 500 \text{ kg}}$$

□ $l_{ULD} = 16,657 \text{ m}$

$l_{ULD} \approx 16,657 \text{ m}$ - pokazuje da je položaj težišta ispred prednje operativne granice položaja

granica, iako je sertifikovana granica položaja težišta $L_{sgCG} \approx 16,450 \text{ m}$.