

# PRIMENJENA AERODINAMIKA 2023

prof. dr Ivan Kostić      doc. dr Olivera Kostić

## DOPUNSKA UPUTSTVA

Ova dopunska uputstva vezana su za formu i izradu druge tačke domaćeg zadatka. U okviru nje se računaju uzgonske karakteristike *jednostruko-trapeznog* proračunskog krila bez otklona zakrilaca, koje ste definisali pre početka prve tačke domaćeg zadatka.

(1) Najpre je potrebno da program Force209GFortranSetup preuzmete sa Moodle-a („Fortran instalacija (Force 2.0)“, mišem kliknite naziv; program je Public domain, javno dostupan svima) i zatim ga instalirate, ukoliko na svom računaru nemate već instalisan Fortran.

(2) Kliknite mišem poslednji fajl na Moodle-u „Listing programa“, čime i njega preuzimate na svoj računar, pod nazivom TRAPEZNO KRILO – GLAUERT listing.txt. Ovaj fajl sačuvajte kao rezervnu kopiju, za slučaj da u Fortranu greškom obrišete neki od karaktera zbog čega bi program prestao da radi.

(3) Pokrenite Fortran i u prozor njegovog editora iskopirajte kompletan sadržaj preuzetog .txt fajla. Ovaj Fortran fajl sačuvajte u izabranom radnom folderu kao TRAPEZNO KRILO – GLAUERT, ili pod nekim drugim pogodnim imenom.

(4) Izmene u listingu programa smete vršiti isključivo u dole prikazanom domenu:

```
C      ***** UNOS ULAZNIH PODATAKA I OPCIJA *****

C      IZBOR PRORACUNSKJE OPCIJE: ZA VREDNOOST IZB=1 RACUNA SA UNAPRED
C      ZADATIM KOEFICIJENTOM UZGONA KRILA CZ; U SUPROTNOM, ZA SVAKI
C      DRUGI INTEGER (npr. IZB=0) CZ RACUNA NA OSNOVU SPECIFICNOG
C      OPTERECENJA KRILA, BRZINE I GUSTINE NA REZIMU KRSTARENJA

      IZB=1
      DATA CZ / 0.275 / !ZADATI KOEFICIJENT UZGONA KRILA
      DATA SPECOP /800. / !ZADATO SPECIFICNO OPTERECENJE KRILA [N/m^2]

C      PARAMETRI GEOMETRIJE KRILA I REZIMA KRSTARENJA:
C      konst.
C      broj      vitkost suzenje      vitop.      brzina      gustina
C      preseka      [step.]      [km/h]      [kg/m^3]
C      DATA      K,      LAM,      EN,      EPS_K,      V,      RO
&      /      16,      6.,      0.437,      -4.0,      550.,      0.6597 /

      DATA CZMAXAP_S / 1.44 / ! maks. koef. uzgona ap. u korenu krila
      DATA CZMAXAP_0 / 1.46 / ! maks. koef. uzgona ap. na kraju krila
      DATA AAP_S / 0.100 / !grad. uzgona ap. u korenu [1/o]
      DATA AAP_0 / 0.110 / !grad. uzgona ap. na kraju [1/o]
      !teorijska vrednost gradijenta uzgona 2PI = 0.1096622 [1/o]
      DATA ANAP_S / -1.2 / !ugao nultog uzgona ap. u korenu krila [o]
      DATA ANAP_0 / -1.0 / !ugao nultog uzgona ap. na kraju krila [o]
      DATA LS / 2.583 / ! duzina tetive u korenu krila u metrima

C      ***** KRAJ UNOSA PODATAKA *****
```

Ukoliko slučajno promenite bilo šta van njega, program najverovatnije više neće raditi. U tom slučaju obrišite ovaj fajl i sadržaj iz rezervne kopije ponovo učitajte u prazan Fortranov editor.

#### (5) Na programskoj liniji:

```
DATA CZ / 0.275 / !ZADATI KOEFICIJENT UZGONA KRILA
```

unesite koeficijent uzgona krstarenja koji ste sračunali u prethodnoj tački. Ovo nije obavezno, jer program za bilo koje Cz mora dati iste krajnje rezultate, koje ćete koristiti za crtanje krive uzgona. U slučaju da vam je koeficijent uzgona manji od 0.15, obavezno unesite neku proizvoljnu veću vrednost (npr. 0.2 i sl.) jer se pri malim ulaznim Cz može pojaviti numerička greška.

#### (6) U domenu listinga:

```
C          PARAMETRI GEOMETRIJE KRILA I REZIMA KRSTARENJA:
C          konst.
C          broj      vitkost suzenje      vitop.      brzina      gustina
C          preseka      [step.]      [km/h]      [kg/m^3]
C          DATA      K,      LAM,      EN,      EPS_K,      V,      RO
&          /      16,      6.0,      0.437,      0.0,      550.,      0.6597 /
```

unosite vitkost, suženje, konstruktivno vitoperenje, brzinu krstarenja u km/h i gustinu vazduha na visini krstarenja. ***U prvom proračunskom koraku konstruktivno vitoperenje mora obavezno biti jednako 0.0***. Izuzetak se sme napraviti isključivo ako je vaše aerodinamičko vitoperenje pozitivno i veće od +1.0, što je direktna posledica izbora aeroprofila. Samo u tom slučaju, setujte konstruktivno vitoperenje na vrednost koja je negativna vrednost aerodinamičkog, npr. ako je  $\varepsilon_a = 1.23$  u listing unesite  $\varepsilon_k = \text{EPS\_K} = -1.23$  čime se ukupno vitoperenje svodi na nulu. U svim drugim slučajevima inicijalno setujte  $\text{EPS\_K} = 0.0$ , kao što je prikazano gore.

#### (7) U delu listinga:

```
DATA CZMAXAP_S / 1.44 / ! maks. koef. uzgona ap. u korenu krila
DATA CZMAXAP_0 / 1.46 / ! maks. koef. uzgona ap. na kraju krila
DATA AAAP_S / 0.100 / !grad. uzgona ap. u korenu [1/o]
DATA AAAP_0 / 0.110 / !grad. uzgona ap. na kraju [1/o]
!teorijska vrednost gradijenta uzgona 2PI = 0.1096622 [1/o]
DATA ANAP_S / -1.2 / !ugao nultog uzgona ap. u korenu krila [o]
DATA ANAP_0 / -1.0 / !ugao nultog uzgona ap. na kraju krila [o]
DATA LS / 2.583 / ! duzina tetive u korenu krila u metrima
```

unosite podatke za aeroprofile koje ste izabrali, kao i tetivu u korenu krila. Ukoliko imate strelasto krilo čiji je efektivni ugao strele veći od  $10^\circ$ , tablične vrednosti  $C_{zmax}$  aeroprofila u korenu i na kraju krila prvo pomnožite popravnim faktorom  $\Delta k$  definisanim u predavanjima, a zatim tako korigovane vrednosti unesite u listing.

(8) Nakon toga sačuvajte program pritiskom na ikonicu plave diskete. **Zatim kompletan domen listinga iz tačke (4) sa svojim unetim vrednostima, kopirate u Word fajl na početku druge tačke domaćeg zadatka.** Da bi dobili korektan prikaz koji profesor može normalno da pregleda, font kopiranog listinga promenite u npr. Courier New veličine 9 ili 10.

(9) U zaglavlju Fortrana pritisnite zeleno dugme sa belom strelicom; program će u roku od par sekundi obaviti kompilaciju i linkovanje i u folderu gde se nalazi proračunski fajl pojaviće se izlazna datoteka IZLAZ, koju odmah preimenujte u npr. IZLAZ EPS\_K=0.0. **Kompletan sadržaj ove datoteke kopirajte u Word fajl domaćeg zadatka, birajući novi font i veličinu (kao u prethodnoj tački), tako da ceo sadržaj u Wordu bude potpuno jasan i pregledan,** kao u primeru sa predavanja.

SAVET: ako program ne uspe da sračuna rešenje, nemojte se odmah obraćati profesoru sa primedbom da “program neće da radi”, pošto ga je u prethodnih 15-tak godina uspešno koristilo više stotina studenata. Najverovatnije ste pri unosu umesto tačke napisali zarez, ili ste ga izostavili pa program ne može da uradi proračun sa fizikalno nemogućim vrednostima, ili ste greškom obrisali neki deo listinga. Tada postupite po preporuci iz tačke (4) i pažljivo ponovite sav unos. Ako imate neku drugu verziju Fortrana i ovaj problem se ponovi, preporučujemo da ipak instalirate Force209GFortran.

(10) Deo listinga:

y/ (b/2)	Czmax ap.	(Czmax ap.-Cb)/Ca	Cz lok pri CZmax krila	Pmax [N/m]
0.000	1.440	1.481	1.335	26552.46
0.098	1.442	1.425	1.387	26055.20
0.195	1.444	1.393	1.418	25105.52
0.290	1.446	1.375	1.438	23921.08
0.383	1.448	1.368	1.448	22586.36
<b>0.471</b>	1.449	<b>1.368</b>	1.449	21166.41
0.556	1.451	1.377	1.441	19697.78
0.634	1.453	1.394	1.424	18206.44
0.707	1.454	1.423	1.395	16700.38
0.773	1.455	1.467	1.351	15175.51
0.831	1.457	1.536	1.287	13610.01
0.882	1.458	1.645	1.195	11963.68
0.924	1.458	1.828	1.066	10172.62
0.957	1.459	2.166	0.889	8152.23
0.981	1.460	2.900	0.652	5810.33
0.995	1.460	5.255	0.352	3078.76

Maksimalni koeficijent uzgona krila CZmax = **1.368**

kopirajte u Excel i pomoću prve četiri kolone nacrtajte dijagram kao u primeru sa predavanja, slika 10.4. Trebalo bi da zatim tu sliku, kopiranjem sadržaja ekrana (prt sc) prekopirate u neki program za grafiku. Tu ćete ubaciti i sliku realnog polu-krila u planprojekciji (pogled odozgo), na kojoj se vidi gde počinju eleroni (preklopljeno sa dijagramom, ili ispod njega, kako vam više odgovara, shodno vašem umeću sa grafikom). Do inicijalnog otcepljenja struje dolazi na mestu po razmahu gde se pojavljuje CZmax =

**1.368** , a to je u primeru  $y/(b/2) = 0.471$ . Naznačite ovo mesto na slici, kopyujete i sačuvajte u pogodnom formatu, i onda je učitate u Word fajl domaćeg zadatka.

**(11) *Ukoliko je položaj tačke otcepljenja po razmahu unutar krila van domena elerona, potrebe za uvođenjem konstruktivnog vitoperenja nema.*** Ovo konstatujete u domaćem zadatku i odavde prelazite na tačku (12). Ako je otcepljenje u domenu elerona, ulazite u listing programa i sada unosite  $EPS\_K = -0.1$  i ponavljate proračun. Ako je otcepljenje i dalje u domenu elerona, proračun (za sada bez daljeg prenošenja novih podataka u Word) ponavljate sa  $EPS\_K = -0.2...$  pa po potrebi dalje sa  $EPS\_K = -0.3$  ..itd sa istim ***korakom -0.1 u negativnom smeru***, sve dok ne dođete do vrednosti  $\varepsilon_k$  pri kojoj otcepljenje po razmahu više nije u domenu elerona. U domaćem zadatku konstatujete da je pri ovom vitoperenju uslov otcepljenja van elerona ispunjen. Sada kopirate celu finalnu izlaznu datoteku za poslednje  $\varepsilon_k$  u nastavku Word fajla i novom slikom potvrđujete da je ovoga puta otcepljenje struje zaista van elerona.

**(12)** Računate kritični napadni ugao krila po jednačini 10.11 iz predavanja. Pri tome najpre prikazujete kako su dobijene sve proračunske vrednosti na desnoj strani jednačine ponaosob; unosite ih u finalnu jednačinu i prikazujete kao numeričke vrednosti sa odgovarajućim predznakom i zagradom i konačno sračunavate kritični napadni ugao krila.

Ovim je druga tačka domaćeg zadatka završena. Crtanje same krive uzgona na ovom mestu nije potrebno, pošto će biti prikazana na završnom skupnom dijagramu. Vrednosti ugla nultog uzgona i gradijenta uzgona preuzimate direktno iz programa (nema potrebe za analitičkom verifikacijom kao u predavanjima). Izuzetak čine oni koji rade mlazne avione, za koje se gradijent uzgona ne uzima iz programa, već se obavezno mora računati po jednačini 10.3 iz predavanja.