

Zmaga slovenskih študentov letalstva na tekmovanju DBF v ZDA

Tadej KOSEL

Študenti Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so se tudi letos, že osmič zapored, odpravili na tekmovanje v gradnji daljinsko vodenih brezpilotnih letal – DBF (Design/Build/Fly), ki ga organizirata Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko, ki je letos potekalo v Tucsonu, v Arizoni. Gre za tekmovanje, na katerem študenti letalstva teoretično znanje, ki so ga pridobili v času študija, uporabijo za gradnjo tekmovalnega letala na daljinsko vodenje, za kar je potrebno dobro poznavanje aerodinamike, mehanike letalskih konstrukcij, materialov, elektrotehnike, letalskih elektropogonov ter znanje pilotiranja letal.

Čeprav se je tekmovalno letalo med pristankom tekmovalne ekipe razbilo in je bila tako nadaljnja udeležba na tekmovanju vprašljiva, so študenti do zadnjega tekmovalnega dne letalo z vztrajnostjo in trdim delom uspeli popraviti; kljub neljubemu pripetljaju so v konkurenci 83 ekip iz 16 držav tudi zmagali. Študenti so se tako ob neljubem dogodku naučili zelo pomembne življenjske lekcije – da timsko delo in tekmovalni duh rodita vrhunske rezultate in da ne glede na to, kako brezizhodno se zdi stanje, nikoli ne gre obupati.

Izr. prof. dr. Tadej Kosel, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, mentor projekta



Letalo EDA 2015 na tehničnem pregledu pod budnim očesom sodnika

Študenti tretjega letnika in absolventi smeri Letalstvo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani pod mentorstvom izr. prof. dr. Tadeja Kosela so se oktobra 2014 že osmič prijavili na študentsko tekmovanje z naslovom Konstruiraj/Izdelaj/Leti (Design/Build/Fly – DBF) (spletna stran [http://](http://www.aiaadb.org)

www.aiaadb.org), ki ga vsako leto organizirata podjetji Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko (AIAA – spletna stran <http://www.aiaa.org/>). Tekmovanje je potekalo od 10. do 12. aprila na letališču TIMPA (sple-



Preizkus motorja in delovanja krmilnih površin ter preizkus delovanja varnostnega izklopa letala

tna stran <http://timpa.org/>) v mestu Tucson v zvezni državi Arizona, ZDA. Tvrstno tekmovanje je bilo devetnajsto po vrsti, poteka že od šolskega leta 1996/97. V šolskem letu 2014/15 je bilo prijavljenih 84 ekip, predvsem z ameriških univerz, iz tujine pa poleg nas še ekipe iz 16 držav. Naša ekipa se je imenovala Ekipa Edvarda Rusjana (Edvard Rusjan Slovenian Team). Letalo pa smo poimenovali EDA2015. Premagali smo vso konkurenco in osvojili 1. mesto. S tem so študenti letalstva s Fakultete za strojništvo, ki so v ta projekt vložili veliko študijskega in prostega časa, dokazali, da so v konstruiranju, izdelavi in letenju daljinsko vodenih brezpilotnih letal, ki morajo zadostiti kompleksnim tehničnim zahtevam, najboljše na svetu.

S tekmovanjem želijo organizatorji spodbuditi študente letalstva oziroma aeronavtike po svetu k praktičnemu delu: študenti sami konstruirajo brezpilotno letalo na daljinsko vodenje (remote control – RC), ga izdelajo in z njim letijo. Tehnične zahteve so vsako leto drugačne, tako da je vedno treba zgraditi novo letalo.

Pogoj za prijavo ekipe na tekmovanje je, da so vsi člani ekipe redno vpisani študenti, razen pilota, in morajo biti člani združenja AIAA. Ena tretjina članov ekipe mora biti iz nižjih letnikov. Pilot mora biti član združenja AMA (Academy of Model Aeronautics – spletna stran <http://www.modelaircraft.org/>) in je lahko tudi iz neakademijskih krogov. Z vsake fakultete se lahko prijavi samo ena ekipa.

Vsaka od prijavljenih ekip je morala do 23. februarja 2015 oddati tehnično poročilo na 60 straneh, v katerem je opis zasnove letala, podani so aerodinamski in trdnostni preračuni, numerične simulacije leta letala, uporabljeni materiali in način gradnje ter na koncu tehnične risbe sistemov na letalu, tovora na letalu in zgradbe samega zmaja letala. Poročilo se ocenjuje in ocena prispeva h končnemu rezultatu. Vsak od štirih anonimnih sodnikov, ki ocenjuje poročilo, lahko poda tudi svoje pripombe ali pohvale. Dobili smo pohvalo, da je strokovna angleščina, uporabljena v poročilu, na



Letalo EDA 2015 pred pristankom na stezo po uspešnem letu

zelo visokem nivoju, višjem od marsikaterih ameriških ekip, kar nam je še posebej laskalo in nas utrdilo v prepričanju, da se lahko kosamo s svetom na področju aeronavtike.

Osnovne zahteve tekmovanja so, da mora letalo vzleteti samo s pomočjo lastnega elektromotorja. Dovoljena je uporaba več krtačnih ali brezkrtačnih motorjev in več propelerjev. Največji dovoljeni električni tok do motorja letos ni bil omejen. Kot vir električnega napajanja so dovoljene samo baterije NiCd ali NiMh. RC-sprejemnik in servomotorji morajo imeti svoje napajanje, ločeno od napajanja pogonskega motorja. Največja dovoljena masa baterij znaša 681 g, največja dovoljena vzletna masa letala pa je lahko 25 kg. Ekipa mora pred pričetkom

tekmovanja predložiti fotografijo letala v letu kot dokaz, da je letalo že preizkušeno v zraku in sposobno letenja, ter kontrolno listo, s katero mentor ekipe preveri vse ključne varnostne zahteve na letalu.

Vsako letalo je bilo najprej tehnično pregledano. Ustrezati je moralo varnostnim zahtevam. Vse ročice krmil so morale biti varovane proti odpetju, vijaki proti odvitju (Loctite), pregledana je bila struktura letala, preizkušena trdnost krila na obremenitev 2,5 g, preverjena pravilno odklanjanje krmil in položaj težišča letala. Letalo se je primerjalo z opisom v tehničnem poročilu, kajti velika odstopanja niso dovoljena. Za primer odpovedi so morali biti na RC-sprejemniku nastavljeni varnostni (fail-safe) položaji krmil v pri-



Ekipa študentov pod mentorstvom izr.prof.dr. Tadeja Kosela slavi zmago

meru izgube radijske povezave med RC-oddajnikom in sprejemnikom, to je pomenilo zaprt plin, višinsko krmilo popolnoma gor, smerno krmilo popolnoma v desno. Motor je moral biti zavarovan z varovalko, ki je preprečevala nezaželen zagon motorja in je morala biti odklopljena do vzleta in takoj po pristanku. Jakost varovalke ni bila predpisana. Organizator namenja zelo veliko pozornost varnosti tekmovalcev in gledalcev.

Letošnje posebne tehnične zahteve so bile, da mora letalo nositi kvader mase 2,3 kg v trupu in žogice kot zunanji tovor izven trupa. Žogice je bilo treba odvreči v zraku eno po eno, kar je predstavljalo poseben izziv. Vzletna razdalja je morala biti manjša od 18 metrov.

Tekmovanje je bilo poleg ocene tehničnega poročila sestavljeno iz treh nalog v zraku in iz ene naloge na tleh. V 1. nalogi je bilo potrebno preleteti s praznim letalom čim več šolskih krogov v štirih minutah. V poziciji z vetrom je moralo letalo narediti zavoj za 360 stopinj v nasprotni smeri šolskega kroga. Dolžina šolskega kroga je bila v vsako stran od začetne linije 152 m, prelet te linije pa je označil sodnik z dvigom zastavice. Letalo je po pristanku moralo ostati na vzletno-pristajalni stezi. Tak šolski krog je veljal za vse tri naloge. V 2. nalogi je bilo potrebno leteti z notranjim tovorom – kvadrom – tri šolske kroge. Za rezultat je bil pomemben čas leta, ki je moral biti čim krajši, kar pomeni, da je letalo moralo leteti hitro. V 3. nalogi je moralo letalo leteti z žogicami, pritrjenimi na zunanjo stran trupa. Število žogic ni bilo omejeno navzgor in je bilo prepuščeno ekipi, koliko jih bo izbrala glede na kompleksno enačbo točkovanja. Zahtevana je bila vsaj ena žogica. Naša ekipa je izbrala dve žogici, ker se je za rezultat poleg števila posamično odvrženih žogic štel tudi čas nalaganja tovora v nalogi, ki se je izvajala na tleh, pri njej se je štel čas natovarjanja letala s kvadrom in žogicami. V tej nalogi je letalo moralo biti sestavljeno in pripravljeno na let. Najprej se je natovoril kvader, nato se je kvader odstranil iz trupa in so se natovorile žogice. Naša ekipa je imela najboljši dovršen sistem na-

tovarjanja in raztovarjanja tovora, kar je bila naša velika konkurenčna prednost. Prav tako smo imeli zelo dober in preprost sistem za odmetavanje posameznih žogic, ki je zagotavljal zanesljivo odmetavanje samo ene žogice, hkrati pa je bil preprost in lahek. Na letošnjem tekmovanju je bilo v faktor RAC (angl. Rated Airplane Cost) poleg mase letala v librah šteto tudi število servomotorjev na letalu, tako da je bilo treba letalo narediti čim bolj preprosto, s čim manj servomotorji. Zato se je ekipa odločila za pasivno krilo brez krilc in zakrilc in za smerno in višinsko krmilo ter za regulator motorja, ki je prav tako štel za servomotor. Torej so bili na letalu trije servomotorji. Mehanizem za odmetavanje žogic je bil krmiljen s smernim krmilom, ki je deloval na dva načina. Z delnimi odkloni smernega servomotorja se je letalo krmililo po smeri, z največjim možnim odklonom smernega krmila pa se je sprožil mehanizem za odmetavanje žogic. Odklon v levo smer je odvrigel desno žogico in obratno. Pri tem je nastala kratkotrajna motnja v letu letala, ki pa ni vplivala na zanesljivost leta, letalo je le malo zanihalo po smeri.

Po vsakem uspešnem letu so letalo stehali in uporabili njegovo maso za faktor RAC. Prazno letalo je imelo maso 1300 g, s tovorom mase 2300 g je bila tako vzletna masa letala 3600 g. Tako je bilo letalo sposobno nositi skoraj 1,8-kratno maso lastne mase, s čimer smo se približali meji

razmerja nosilnosti proti masi, ki jo lahko še dosežemo z znanimi materiali. Naša največja konkurenčna prednost je bila lahka konstrukcija letala glede na njegovo nosilnost, hitro nalaganje tovora, kar smo dosegli s pravilno postavitvijo tovarnega prostora in enostavnega vpenjalnega mehanizma žogic. Pravilno smo ocenili število žogic glede na enačbo izračuna končnega rezultata, da je optimalno število dve žogici. Krilo letala smo izdelali iz reber iz balze, ki so bila prekrita s tanko folijo. Pasnice nosilca krila so bile iz ogljikovih vlaken. Trup je bil izdelan iz deprona, ki je bil na kritičnih mestih ojačan s tanko vezano ploščo. Podvozje je bilo prav tako iz ogljikovih vlaken, da smo dosegli dobro razmerje med nosilnostjo in maso.

Velik izziv je predstavljalo iskanje optimalnih komponent za naše letalo in prilagajanje letala na komponente, ki so na voljo na svetovnem tržišču. Vsak posamezen del opreme je bilo potrebno skrbno načrtovati, ga kupiti in dobro preizkusiti. Morali smo izbrati zanesljive komponente. Potrebno je bilo natančno uskladiti pogonske baterije, pogonski motor, reduktor motorja in propeler, da je pogonski sklop dal največjo izhodno moč na enoto mase. Po drugi strani pa je morala biti konstrukcija letala izdelana zelo optimalno, da je bila dovolj lahka in konkurenčna. Vsak gram nepotrebne mase negativno vpliva na končni rezultat.



Pokal za osvojeno prvo mesto v svetovnem merilu

Tekmovanje je potekalo na letališču za daljinsko vodena letala TIMPA (Tucson International Modelplex Park Association), ki je zahodno od Tucsona. Vreme je bilo vse dni brez padavin, večinoma jasno, z najvišjimi dnevnimi temperaturami od 18 do 29 °C, veter je pihal s hitrostjo od 10 do 13 km/h iz južne smeri s sunki do 35 km/h. Naš pilot je bil Ervin Klemenčič in njegov pomočnik Matic Lenaršič, ki je bil tudi vodja študentske ekipe.

Za izvedbo projekta so zaslužni naslednji študenti: David Bojanec, Rok Dernikovič, Aljaž Jelen, Martin Dušak, Domen Gorjup, Matevž Habjan, Matic Klančnik, Ervin Klemenčič, Alen Korič, Matic Lenaršič, Alen Ljoki, Gorazd Matič, Nejc Medved, David Nemeskal, Jernej Novak, Peter Novak, Jernej Plešnar, Iurie Proca, Tomaž Rakar in Nejc Stravnik, ki so načrtovali in izdelali letalo in vse, kar spada zraven, ter pomagali pri organizaciji celotne odprave. K uspešni izvedbi projekta so pripomogli sponzorji s svojimi finančnimi in materialnimi prispevki: Javni sklad Republike Slovenije za razvoj kadrov in štipendije, Laboratorij za aeronavtikko na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, Mibo Modeli, d. o. o., Logatec, Študentski svet FS, Študentska organizacija Univerze v Ljubljani ŠOU.

V času bivanja v Tucsonu smo si ogledali dva muzeja: Titan missile system museum in Pima air and space museum, v katerem smo dan pred tekmovanjem prisostvovali predavanju dr. Dana Raymerja z naslovom: Planes of the Future Past: Dan Raymer's Advanced Aircraft Designs at Rockwell, Lockheed, RAND and CRC. Na ta način smo prosti čas porabili v izobraževalne namene.

■ Zaključek

Na tekmovanju študenti pridobijo praktično znanje, kako izdelati čim bolj konkurenčno letalo, kako konstruirati učinkovito letalo, ki hitro leti z majhno porabo energije, kako uporabiti lahke materiale za konstruiranje letala, spodbujajo se inovativne ideje za izdelavo mehanizmov, naučijo se izračunati dejanske letalne lastnosti



Izr.prof.dr. Tadej Kosel in dr. Daniel P. Raymer po predavanju »Planes of the Future Past«

letala, načinov testiranja letala ter merjenja dejanskih letalnih lastnosti s snemalniki parametrov leta. Študenti se torej naučijo prenesti teoretično znanje, pridobljeno v času študija, v prakso, in timskega dela, kar lahko s pridom izkoristijo tudi pri izdelavi diplomske naloge, pri zaposlitvi v letalski industriji ali pri nadaljnjem študiju. Tekmovanje ima namreč vse lastnosti konkurenčnega boja na trgu izdelkov, kjer različni izdelovalci konkurirajo na globalnem trgu in se borijo za tržni delež ter skušajo z izdelkom čim bolj zadostiti zahtevam trga. Študenti gredo praktično skozi podoben proces: od zahtev organi-

zatorja tekmovanja (enako zahtevam kupca), razvoja do izdelave in preizkusa izdelka v praksi. Odličnost ekipe in mentorja ter vrhunsko poznavanje letalske tehnike študentov letalstva dokazuje dejstvo, da je prvič v devetnajstletni zgodovini tekmovanja DBF zmagala neameriška ekipa, in to slovenska ekipa. Še nobeni tuji ekipi ni uspelo zmagati.

Viri

- 1 Uradna stran tekmovanja DBF: <http://www.aiaadb.org/>
- 2 TIMPA, <http://timpa.org/>
- 3 AIAA, <http://www.aiaa.org/>