

OPTIMALAUS ARTĖJIMO IR TŪPIMO PROCEDŪROS

Marius Lisinskas

VGTU AGAI Aviacijos technologijų katedra
El. p. mariuslisinskas@gmail.com

Anotacija. Nuolatinė kaita pasaulinėje ekonomikos rinkoje, jos nestabilumas, didėjantis gyventojų skaičius, besiplečianti turizmo rinka, migracija verčia plėtoti oro transportą, efektyviai ir optimaliai panaudojant išlaidas. Auganti aviacijos sritis kelia vis didesnius reikalavimus, mažinant jos neigiamą įtaką aplinkai ir žmonėms, gyvenantiems oro uostų, oro kelių zonose. Šiame straipsnyje aprašyta optimalių artėjimo tūpti ir tūpimo procedūrų koncepcija, kurią taikant šios problemos gali būti išspręstos ar bent sumažintos jų poveikis. Taip pat atsižvelgiama į problemas, su kuriomis susiduriama taikant jas praktikoje.

Reikšminiai žodžiai: CDA, kuro sąnaudos, „žalioji aviacija“, atviro kelio konstrukcija, uždaro kelio konstrukcija, triukšmas.

1. Įvadas

2008 metų rugsėjį CANSO, IATA ir EUROCONTROL organizacijos pasirašė skrydžių gerinimo planą (angl. – *Flight Efficiency Plan*), kurio tikslas – padidinti optimalių artėjimo tūpti ir tūpimo procedūrų (angl. – *Continuous Descend Approach*) naudojimą ir pasiekiamumą Europoje. Vadovaujantis ICAO ir EUROCONTROL rekomendacijomis, šis planas užtikrins platų suvienodintą procedūrų panaudojimą, o tai būtų didelis žingsnis „žaliosios aviacijos“ link (European... 2008).

Pagrindinis optimalių artėjimo tūpti ir tūpimo procedūrų (toliau CDA) naudojimo tikslas yra sumažinti orlaivių keliamą triukšmą, kuro sąnaudas ir išmetamų dujų kiekį taip, kad naudojant pastovaus žemėjimo techniką, orlaivis nužemėtų iki galutinio artėjimo tūpti kontrolinio taško nustatyto aukščio. CDA – tai orlaivio valdymo technika, kai atvykstantis orlaivis pradeda žemėti nuo optimalaus taško, kuris nustatomas atsižvelgiant į orlaivio tipą, svorį, atstumą iki tako slenksčio, vėjo kryptį ir greitį, su minimalia trauka, išvengiant horizontalių skrydžio segmentų, laikantis nustatytų orlaivio naudojimo procedūrų ir skrydžių vadovų pagalbos (Continuous... 2008).

2. Optimalaus artėjimo ir tūpimo procedūra

Optimalų artėjimą ir tūpimą leidžia tam tikra oro erdvės struktūra, procedūrų paruošimas, skrydžio vadovo leidimas atlikti žemėjimą, optimaliai išnaudojant orlaivio aerodinamines charakteristikas, leidžiančias su minimalia variklių trauka ir, jeigu įmanoma, pasipriešinimo konfigūracija žemėti tūpimui, taip mažinant kuro sąnaudas ir išmetamų į aplinką dujų kiekį. Optimalus žemėjimo profilis formuoja pastovaus žemėjimo kelią tik su minimaliu horizontalaus skrydžio segmentu, reikalingu orlaiviui sumažinti greitį arba atsistoti tūptinėje pagal prietaisus. Optimalus žemėjimo kampas kinta priklausomai nuo orlaivio tipo, jo svorio, vėjo temperatūros, atmosferos slėgio, apledėjimo sąlygų. Vertikalus žemėjimo profilis gali būti nustatomas skrydžio kompiuteriu (FMS), taikant vertikalią navigaciją

vertikalią navigaciją (VNAV), o orlaiviams, neturintiems tokios įrangos – piloto apskaičiuotais duomenimis (žinant atstumą iki tako galima nustatyti optimalaus žemėjimo kampą ir greitį) (Štimac *et al.* 2008)

CDA skirstoma į dvi konstrukcijos rūšis:

1. Atviro kelio konstrukcija

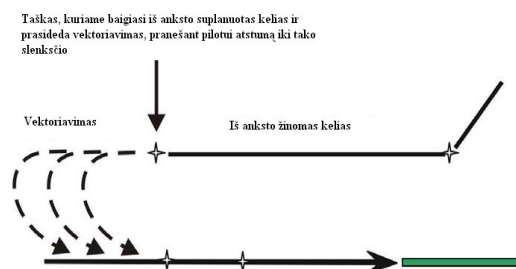
Dalis kelio arba visas kelias susideda iš vektoriavimo, o atstumas nuo žemėjimo pradžios iki tako iš anksto žinomas.

1. Vektoriavimo procedūra:

Orlaivis yra vektoriuojamas visą kelią, o atstumas iki tako slenksčio yra pranešamas pilotui, kuris savo nužiūra pradeda žemėjimą.

2. Atvira CDA procedūra iki pavėjinės aerodromo eismo dalies:

Procedūra susideda iš kelio vektoriavimo segmento, kuriame dažniausiai būna pratęsta pavėjinė eismo dalis iki galutinio artėjimo tūpti kontrolinio taško (FAF/FAP) (1 pav.).

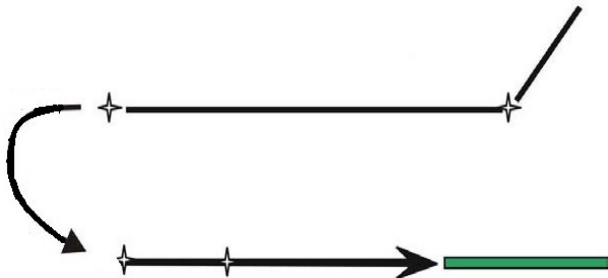


1 pav. Atvira CDA procedūra iki pavėjinės aerodromo eismo dalies

Fig. 1. Open CDA procedure till down the wind aerodrome traffic part

2. Uždaro kelio konstrukcija

Ši konstrukcija ypatinga tuo, kad maršrutas, kaip ir atstumas iki tako, yra iš anksto žinomi. Ši procedūra gali būti panaudota kaip standartinio atvykimo (STAR) schema (poreikiui esant į ją gali būti įtraukiami greičio ir aukščio apribojimai) ir tęstis iki pat galutinio artėjimo tūpti taško (FAP) (2 pav.).



2 pav. Uždara CDA procedūra

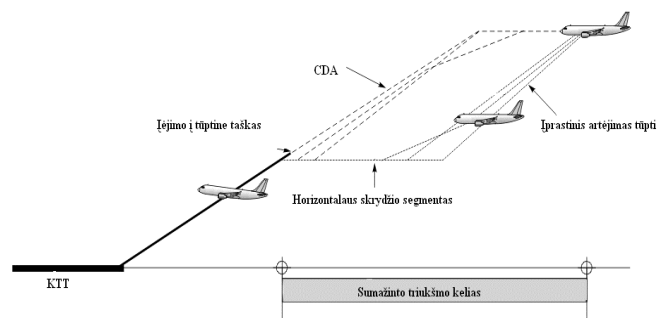
Fig. 2. Closed CDA procedure

Kuriant optimalaus artėjimo schemą pasirenkamas nuo 2 iki 3,3 laipsnių žemėjimo kampo koridorius, tai atitinka 220-350 ft/NM žemėjimo spartą, kuri visa patenka į daugumos orlaivių optimalaus žemėjimo diapazoną. Tupiant pagal prietaisus, sistemos (ILS) tūptinė yra 3 laipsniai.

3. Optimalių artėjimo procedūrų palyginimas su įprastinėmis

Įprastinio artėjimo metu orlaiviai žemėja pakopomis, vis pereidami į horizontalius skrydžio segmentus, kuriuose, norint išlaikyti aukštį, reikia padidinti variklių trauką. Tai lemia didesnes kuro sąnaudas, radijo ryšio apkrovimą, nes kiekvieną kartą prieš žemėjant pilotas turi gauti leidimą iš skrydžio vadovo, be to oro uosto zonoje didėja triukšmo lygis bei išmetamų dujų kiekis. Oro keliams einant virš miestų, tai sąlygoja didėjantį jų užterštumą bei leistinų triukšmo normų viršijimą. Įprastinių artėjimo procedūrų privalumas toks, kad pastarosios nėra apribotos didelių oro srautų (Milosavljević 2009) Tuo tarpu optimalių artėjimo ir tūptimo procedūrų nauda yra kur kas didesnė:

- a) efektyviau išnaudota oro erdvė ir atvykimo kelių išdėstymas;
- b) nuoseklesnis žemėjimo kelias ir labiau stabilizuotas artėjimas tūpti;
- c) optimizuota piloto ir skrydžio vadovo darbo apimtis;
- d) sumažėjęs radijo ryšio apkrovimas;
- e) išlaidų taupymas ir nauda aplinkai mažinant kuro sąnaudas;
- f) sumažinta valdomo skrydžio į žemę rizika (CFIT);
- g) leidžiama veikla vietovėse, kuriose dėl triukšmo ji būtų apribota arba uždrausta.



3 pav. Žemėjimo segmentų palyginimas

Fig. 3. Comparison of descent segments

4. Optimalių artėjimų pritaikymas praktikoje

Pirmieji CDA procedūrų bandymai buvo atlikti naktį Amsterdame oro uoste. Po procedūrų įdiegimo buvo apklausti žmonės, gyvenantys oro uosto zonoje ir dauguma patvirtino, kad triukšmo lygis nakties metu pastebimai sumažėjo. Eksperimento metu ištirti paskutinių 45 km artėjimo ir tūptimo skrydžių duomenys iš (3 pav.) 10 Boeing 747-400 ir 737-300/400 lėktuvų reisų, vykdžiusių procedūras:

1. CDA procedūra atliekama nuo 7000ft;
2. Vektoriavimas su įėjimu į tūptinę – 2000ft aukštyje;
3. Vektoriavimas su įėjimu į tūptinę – 3000ft aukštyje.

CDA procedūra prasideda nuo pradinio artėjimo tūpti taško (IAF) 7000ft iki galutinio artėjimo taško (FAF) su įėjimu į tūptinę 2500ft aukštyje. Tyrimai rodo, kad kuro sąnaudos, taikant CDA procedūrą, sumažėja 25-40%, tai atitinka 400 kg kuro Boeing 747-400 ir 55 kg kuro Boeing 737-300/400. Lentelėje matyti apskaičiuoti kuro ir triukšmo duomenys artėjimo metu.

Lentelė. Skrydžių duomenys

Table. Flight data

Orlaivis/ procedūra	Kuro sąnaudos (kg)	65 dB (A) Triukšmo zona (km ²)	Horizontalaus segmento ilgis (km)
B747	2000 ft	799	72
	3000 ft	1045	74
	CDA	638	43
B737	2000 ft	213	38
	3000 ft	225	25
	CDA	170	17

Horizontalaus segmento ilgis – tai visų horizontalių skrydžių atstumų suma artėjimo metu. Palyginę duomenis galime pastebėti, kad esant tokiam pačiam horizontalaus segmento ilgiui, įėjimo į tūptinę 3000 ft aukštyje kuro sąnaudos yra didesnės nei 2000 ft aukštyje. Taip yra dėl to, jog įėjus į tūptinę, panaudojant prietaisus ILS 3000 ft aukštyje, kelias iki tako slenksčio bus ilgesnis, o orlaivis bus veikiamas didesnės pasipriešinimo jėgos, kas ir lems didesnes kuro sąnaudas (Wubben, Busink 2000).

Todėl darytina išvada, kad naudojant CDA procedūrą, kuro sąnaudos ir triukšmo lygis gerokai sumažėja.

5. Išvados

1. Palyginus CDA procedūrą su įprastinėmis artėjimo procedūromis matyti akivaizdus skirtumas – triukšmo zona (65 dB(A) yra 30–55%) mažesnė, paskutinių 45 km artėjimo metu kuro sutaupoma nuo 25 iki 40%.
2. Kuro sąnaudos tiesiogiai priklauso nuo horizontalių skrydžio segmentų ilgio.
3. Įėjimas į tūptinę didesniame aukštyje daro neigiamą įtaką skrydžio ekonomiškumui.
4. Norint efektyviai išnaudoti CDA procedūrą esant dideliems oro srautams, būtina oro erdvės restruktūrizacija.

Literatūra

Continuous Descent Approach Implementation Guidance Information. 2008. EUROCONTROL.

European Joint Industry: CDA Action Plan. 2008.

Milosavljević, V. 2009. Approach and landing procedures for airports “Nikola Tesla” and “Batajnica” using RNP approach and Baro-VNAV, *International Journal of Civil Aviation*.

Štimac, I.; Vidović, A.; Sorić, V. 2008. *Implementation of Continuous Descent Approach at Zagreb Airport*.

Wubben, F. J. M.; Busink, J. J. 2000. *Environmental Benefits of Continuous Descent Approaches at Schiphol Airport Compared with Conventional Approach Procedures*.

CONTINUOUS DESCEND APPROACH PROCEDURES

M. Lisinskas

Summary

Permanent changes in global economy, population growth, expanding tourism market, migration demands the development of aviation industry, thus influencing effective and optimal use of operating costs. The growth of aviation branch is becoming an issue, which requires to reduce its negative impact on the environment and people living in the vicinities of the airports. This article describes the concept of continuous descend procedures by which those problems can be solved or at least minimized. It also takes into account the problems, which might be faced when applying these procedures in practice.

Keywords: CDA, fuel consumption, green aviation, open path concept, closed path concept, noise abatement.