Procjena troškova održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije

Majić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:833359

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Sara Majić

PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA KAO UDJELA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4037

Pristupnik: **Sara Majić (0135227099)**
Studij: Promet
Smjer: Zračni promet

Zadatak: **Procjena troškova održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije**

Opis zadatka:

Opisati troškove životnog vijeka zrakoplova. Dati pregled i analizu prikladnih metoda za procjenu troškova održavanja. Primijeniti jednu metodu za procjenu troškova održavanja A320 (metoda po izboru, nakon provedene analize metoda). Izračunati troškove prema odabranoj metodi te komentirati rezultate.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Anita Domitrović

Predstojnik povjerenstva za diplomski ispit

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA KAO UDJELA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE

MAINTANANCE COST EVALUATION AS A SHARE OF OPERATING AIRCRAFT COST

Mentor: doc. dr. sc. Anita Domitrović

Student: Sara Majić

JMBAG: 0135227099

Zagreb, rujan 2017.

PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA KAO UDJELA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE

SAŽETAK

Operator koji nabavlja novi zrakoplov u floti, u pravilu nije primarno usredotočen na troškove eksploatacije zrakoplova, već je usredotočen na nabavnu cijenu zrakoplova. Troškovi održavanja zrakoplova, kao dio troškova eksploatacije, prema statističkim podacima i izvorima iz literature predstavljaju 15 do 20% troškova eksploatacije. U slučaju nabavke novog zrakoplova, zračni prijevoznik može predvidjeti odnosno izračunati troškove održavanja, za što su razvijene određene metode. Ovaj diplomski rad donosi pregled i analizu prikladnih metoda za procjenu troškova održavanja te izračun troškova prema odabranoj metodi za A320.

KLJUČNE RIJEČI: troškovi eksploatacije i održavanja zrakoplova, direktni operativni troškovi zrakoplova, metode za izračun direktnih operativnih troškova zrakoplova

MAINTANANCE COST EVALUATION AS A SHARE OF OPERATING AIRCRAFT COST

SUMMARY

An operator who purchases a new aircraft in the fleet is usually not primarily focused on the operating aircraft costs, but focuses on the cost of the aircraft. Aircraft maintenance costs, as part of the operating aircraft costs, according to statistical data and literature sources represent 15 to 20% of operating aircraft costs. In the case of the purchase of a new aircraft, an air carrier may anticipate or calculate maintenance costs for which certain methods have been developed.

This graduate thesis provides a review and analysis of appropriate methods for estimating maintenance costs and calculation of costs according to the selected method for A320.

KEY WORDS: direct aircraft operating costs, operating aircraft and maintenance costs, methods for calculating direct aircraft operating costs.

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Aniti Domitrović na podršci i povjerenju, te pruženoj prilici za izradu diplomskog rada. Hvala na savjetima, razgovorima te strpljenju i vremenu za moje brojne upite.

Zahvaljujem se djelatnicima Croatia Airlines-a na mnogobrojnim savjetima i materijalima kako bi diplomski rad bio što kvalitetnije izrađen.

Veliko HVALA svima!

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. TROŠKOVI ŽIVOTNOG VIJEKA ZRAKOPLOVA 3

2.1. Općenito o troškovima životnog vijeka zrakoplova 3

2.2. Troškovi eksploatacije zrakoplova 5
2.2.1. Direktni operativni troškovi 6
2.2.1.1. Troškovi letačkog osoblja 6
2.2.1.2. Troškovi goriva 7
2.2.1.3. Troškovi održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava 7
2.2.1.4. Troškovi amortizacije 8
2.2.1.5. Troškovi kamata 8
2.2.1.6. Troškovi najma zrakoplova 8
2.2.1.7. Troškovi osiguranja zrakoplova 9
2.2.2. . Indirektni operativni troškovi 9

3. PREGLED METODA ZA PROCJENU DIREKTNIH OPERATIVNIH TROŠKOVA 11

3.1. ATA metoda 11

3.2. DOC System metoda 19

3.3. AEA metoda 22

3.4. Usporedba metoda za izračun direktnih operativnih troškova zrakoplova 26

4. IZRAČUN DIREKTNIH OPERATIVNIH TROŠKOVA ZA ZRAKOPLOV A320 28

4.1. Tehnološke karakteristike i performanse zrakoplova A320 28

4.2. Direktni operativni troškovi za A320 29

5. ZAKLJUČAK 34

LITERATURA 36

POPIS KRATICA 37

POPIS SLIKA 38

POPIS GRAFIKONA 39

POPIS TABLICA 40

1. Uvod

Zračni promet je kao i sve ostale grane prometa u funkciji tržišta. Zrakoplov mora generirati dovoljan prihod, veći od operativnih troškova, kako bi investicija nabavke zrakoplova bila isplativa.

Zadatak zračnog prijevoznika u inicijalnom segmentu je da odabere tip zrakoplova koji će po svojim konstruktivnim karakteristikama i performansama optimalno udovoljiti zahtjevima tržišta uz što je moguće manje troškove.

Potrebno je pronaći dobar omjer između sigurnosti i profita, odnosno pomiriti suprotnosti zahtjeva ekonomije i sigurnosti kao najvažnijeg segmenta u zrakoplovstvu. Zbog toga je unutar procesa uspostave i realizacije sustava zračnog prometa, neizbježno razmatrati raznovrsne i mnogobrojne prisutne troškove, diferencirane po svojoj prirodi, po kvantitetu i kvaliteti, financirane iz različitih izvora. Cjelokupna realizacija zračnog prometa podređena je interesu krajnjih korisnika koji pokrivaju sve te troškove.

Cilj rada usmjeren je na definiranje i analizu troškova održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije. Svrha rada je izraditi i prikazati metode za izračun troškova održavanja i dati primjer proračuna za konkretan zrakoplov prema jednoj od metoda.

U radu će se prikazati i opisati troškovi održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije, analizirat će se metode za izračun troškova te će se dati primjer izračuna troškova prema odabranoj metodi za konkretan zrakoplov.

Rad je podijeljen na pet cjelina:

1. Uvod
2. Troškovi životnog vijeka zrakoplova
3. Pregled metoda za procjenu direktnih operativnih troškova
4. Izračun direktnih operativnih troškova za zrakoplov A320
5. Zaključak

U uvodnom dijelu rada opisana je problematika ovog diplomskog rada i njegova struktura.

Drugo poglavlje opisuje način na koji su grupirani troškovi životnog vijeka zrakoplova, što je ledeni brijeg kada se radi o troškovima eksploatacije zrakoplova. Detaljno su opisani i objašnjeni troškovi životnog vijeka zrakoplova i troškovi eksploatacije i održavanja koji predstavljaju upravo najveći dio troškova životnog vijeka. Nadalje je opisana podjela operativnih troškova na direktne i indirektne troškove.

U trećem poglavlju dan je pregled metoda za procjenu direktnih operativnih troškova, te je svaka metoda zasebno objašnjena.

Četvrto poglavlje odnosi se na direktne operativne troškove zrakoplova A320. Opisane su tehnološke karakteristike i performanse tog zrakoplova, te su prikazani grafikoni koji pokazuju konkretne podatke vezane za direktne operativne troškove.

U petom, zaključnom poglavlju dani su konkretni zaključci o predmetu istraživanja ovog diplomskog rada prema prethodno navedenim poglavljima.

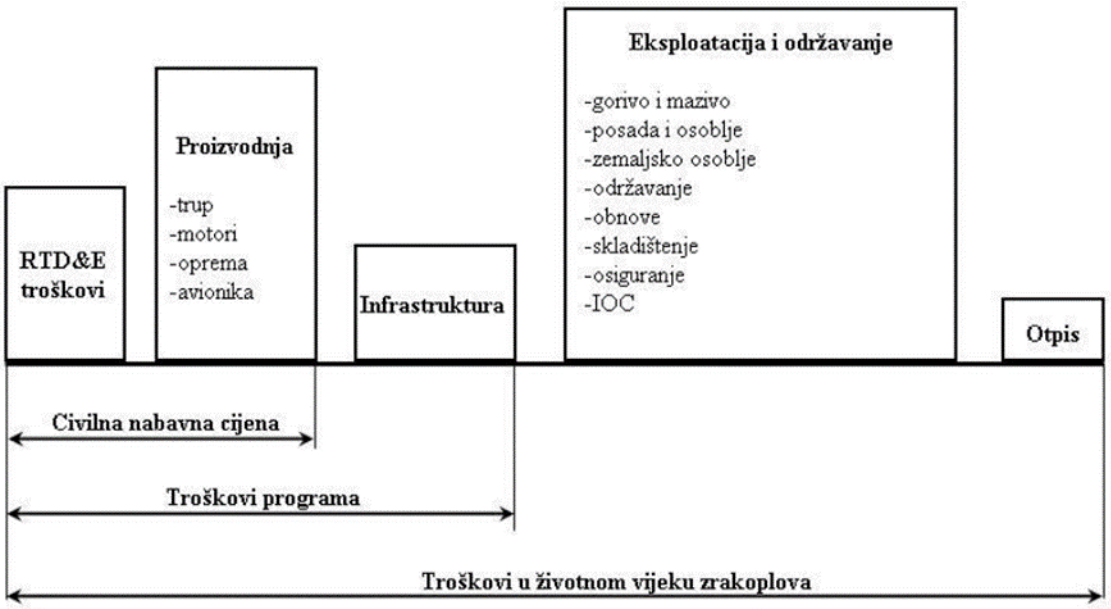
2. Troškovi životnog vijeka zrakoplova

Troškovi životnog vijeka (*engl. Life Cycle Cost - LCC*) zrakoplova mogu se grupirati prema sljedećem:

- istraživanje, razvoj i ispitivanje (*engl. Resarch, Development, Test, Evaluation - RDTE*),
- proizvodnja (*engl. Acquisition Cost - ACQ*),
- eksploatacija i održavanje (*engl. Operations Cost - OPS*),
- otpis, rashodovanje (*engl. Disposal Cost - DISP*). [1]

2.1. Općenito o troškovima životnog vijeka zrakoplova

Najveći dio troškova u životnom vijeku zrakoplova otpada na eksploataciju i održavanje zrakoplova. U troškove eksploatacije i održavanja zrakoplova ubrajaju se troškovi goriva i maziva, posade i troškove kabinskog osoblja, zemaljskog osoblja, održavanja, obnove, skladištenja, osiguranja. [1]



Slika 1. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova

Izvor: [2]

Potpuni životni ciklus troškova zrakoplova sastoji se od troškova razvoja, istraživanja, proizvodnje, nabave, korištenja i raspolaganja većine zrakoplova određenog tipa. LCC zrakoplova je zbroj četiri komponente, kao što je prikazano slikom 1, a to su:

$$LLC = C_{RTDE} + C_{ACQ} + C_{OPS} + C_{DISP}$$

Gdje su:

C_{RTDE} - troškovi istraživanja, razvoja, ispitivanja i ocjenjivanja

C_{ACQ} - troškovi nabave

C_{OPS} - operativni troškovi

C_{DISP} - troškovi održavanja nakon uporabe. [3]

Troškovi počinju s RTDE koji uključuju istraživanje tehnologije, konstruiranje, izradu prototipa, testiranje i ocjenjivanje podobnosti, a pokriva ih proizvođač, država ili neki drugi investitor. Troškovi preuzimanja su troškovi cjelokupne proizvodnje zrakoplova, s administrativnim i ostalim troškovima proizvođača, uključujući njegov profit. To su povratni troškovi, a padaju s količinom proizvedenih zrakoplova. Za civilnog kupca u cijenu zrakoplova se uračunava pokrivanje dijela RTDE troškova, zasnovanih na procijeni broja proizvedenih zrakoplova. [3]

Održavanje u zrakoplovstvu najvažniji je dio u cijelom sustavu eksploatacije. Eksploatacija, održavanje i upravljanje održavanjem zahtijevaju sljedeće aktivnosti:

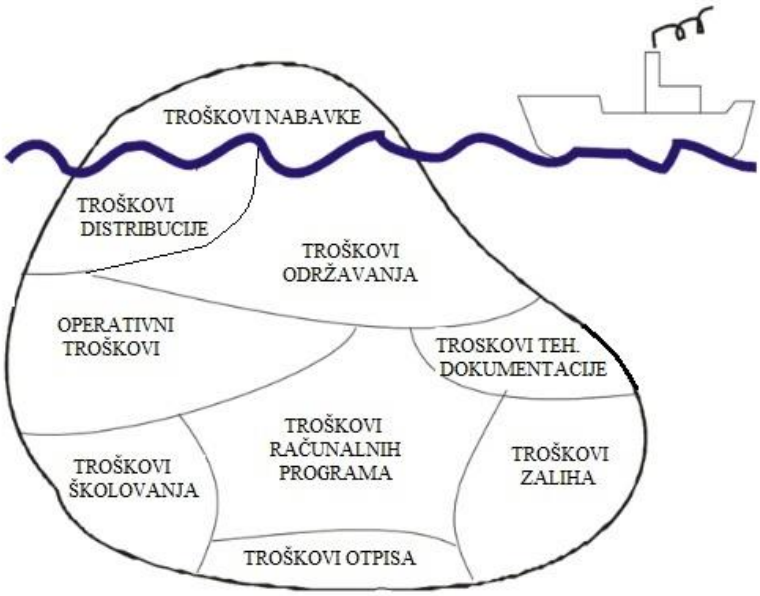
- korištenje
- održavanje
- čuvanje, konzerviranje
- transportiranje.

Svi postupci održavanja zrakoplova koji se obavljaju u tijeku eksploatacije zrakoplova na samom zrakoplovu, njegovoj strukturi, pogonskoj grupi, zrakoplovnim sustavima i opremi zrakoplova definirani su u programu održavanja. Program održavanja izrađuje se posebno za svaki model zrakoplova, odnosno sustava, pogonske grupe ili opreme. On sadrži postupke o održavanju, kao i rokove i način njihovog izvršenja, a utvrđuje se u skladu sa Zakonom o zračnom prometu. Zahtjevima za održavanje odobrenih od nadležnih zrakoplovnih vlasti zemlje proizvođača, tehničkim uputama proizvođača za održavanje tog tipa zrakoplova, pogonske grupe, zrakoplovnih sustava i opreme. Program održavanja zrakoplova izrađuje

operater, odnosno vlasnik zrakoplova, odnosno organizacija koja izrađuje dokumentaciju za program održavanja.

Namjena programa održavanja zrakoplova je da se održi konstantnu, konstrukcijom utvrđenu razinu pouzdanosti zrakoplova, pogonske grupe, zrakoplovnih sustava i opreme, kao i da se postigne i održi zaštita utvrđene (ugrađene) razine pouzdanosti i sigurnosti uz minimalne troškove. [4]

U eksploataciji zrakoplova mora se već kod nabavke voditi računa i o svim drugim troškovima koji se mogu prikazati tzv. ledenim brijegom. Iako se ostali troškovi na prvi pogled ne vide oni čine veći dio troškova eksploatacije. Na slici 2 prikazan je ledeni brijeg troškova sa specifikacijom troškova koji su skriveni ispod površine vode. [1]



Slika 2. Ledeni brijeg

Izvor: [1]

2.2. Troškovi eksploatacije zrakoplova

Gledajući s ekonomskog aspekta zrakoplov mora donijeti dovoljan prihod, veći od operativnih troškova, kako bi investicija u njegovu nabavu bila isplativija više od ulaganja u nešto drugo. Kada se radi o strukturi troškova, nekadašnji pristup tzv. fiksnih i varijabilnih

troškova u svijetu zamijenjen je njihovom osnovnom podjelom na izravne ili direktne operativne troškove i neizravne ili indirektne operativne troškove. [5]

Troškovi zračnih prijevoznika dijele se na:

- direktne operativne troškove (*engl. Direct Operating Cost - DOC*)
- indirektne operativne troškove (*engl. Indirect Operating Cost - IOC*).

2.2.1. Direktni operativni troškovi

Direktni operativni troškovi (DOC) sastoje se od svih operativnih troškova zračnog prijevoznika koji se odnose na određeni tip zrakoplova koji se koristi u prometu i koji će se promijeniti ukoliko dođe do promjene tipa zrakoplova/operacija letenja.

DOC troškovi obuhvaćaju:

- troškove letačkog osoblja
- troškove goriva
- troškove održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava
- troškove amortizacije
- troškove kamata
- troškove najma zrakoplova
- troškove osiguranja
- navigacijske i aerodromske naknade.

2.2.1.1. Troškovi letačkog osoblja

Troškovi letačkog osoblja ovise o kapacitetu zrakoplova, duljini linije, dnevnom iskorištenju zrakoplova i cijeni rada za letačko osoblje koja se razlikuje ovisno o zrakoplovnim kompanijama. Na troškove letačkog osoblja utječu i razni zakonski i kompanijski propisi koji reguliraju broj članova posade, vrijeme rada i sl. Poznajući navedene ulazne podatke troškovi letačkog osoblja se mogu predvidjeti s vrlo visokom točnošću.

Troškovi letačkog osoblja sastoje se od:

- plaća letačkog osoblja i posebnih dodataka letačkom osoblju u vidu različitih beneficija
- troškova službenih putovanja uzrokovanih redom letenja
- osiguranja letačkog osoblja
- školovanja letačkog osoblja.

2.2.1.2. Troškovi goriva

Nakon troškova letačkog osoblja, troškovi goriva predstavljaju drugi značajan element u ukupnim operativnim troškovima. Izračun se temelji na prosječnoj potrošnji po blok satu te prosječno ostvarenoj cijeni goriva za određeno razdoblje. Iskazuje se po tipu zrakoplova. Troškovi goriva variraju kako varira i sama cijena goriva te ukoliko zračni prijevoznik nije spreman na moguće promjene u cijeni goriva može doći do velikih gubitaka.

Tržište nafte u 2016. godini obilježio je pad cijena. Prosječna cijena brenta nafte iznosila je 17 posto manje u odnosu na 2015. godinu, dok je prosječna cijena avio goriva iznosila 22 posto manje u odnosu na 2015. godinu. IATA (*engl. International Air Transport Association*) podaci govore da su troškovi goriva na razini industrije u 2016. iznosili 124 milijarde dolara, što je 31 posto manje u odnosu na 2015. godinu. Udio troškova goriva u operativnim troškovima smanjio se sa 27,3 posto u 2015. na 19,2 posto u 2016. godini. Upravo zbog takvih fluktuacija kada su u pitanju cijene goriva ne postoje pouzdane metode za njihovo predviđanje u budućnosti. [6]

2.2.1.3. Troškovi održavanja strukture, sustava i pogonskog sustava

Troškovi održavanja zrakoplova pokrivaju niz troškova, zbog njihove složenosti prate se i evidentiraju na različite načine. Prema organizaciji međunarodnog civilnog zrakoplovstva troškovi održavanja su nedjeljivi i treba ih svrstati u jednu zajedničku grupu. [4]

Najvažniji troškovi su:

- pregledi i popravci trupa i motora zrakoplova
- najam motora i dijelova, tehnička podrška
- rezervni i potrošni dijelovi za zrakoplove
- certificiranje
- izdaci za plaće i školovanje osoblja za održavanje.

2.2.1.4. Troškovi amortizacije

Troškovi amortizacije mogu se računati za zrakoplov u cijelosti ili posebno za motore zrakoplova. U oba slučaja amortizacija se računa na ukupne troškove investicije. Zračni prijevoznici u pravilu primjenjuju proporcionalnu amortizaciju u određenom vremenskom razdoblju i s određenim ostatkom vrijednosti. Razdoblje amortizacije za nove zrakoplove je obično 12 do 20 godina odnosno za polovne zrakoplove, ovisno o njihovoj starosti 5 do 10 godina. Ostatak vrijednosti zrakoplova nakon isteka razdoblja amortizacije kreće se od 0 do 15%. [5]

2.2.1.5. Troškovi kamata

Zračni prijevoznik je preko dugoročnih kredita s varijabilnom kamatnom stopom izložena i kamatnom riziku, zbog čega se redovito prati kretanje kamatnih stopa na svjetskom tržištu i njihov utjecaj na poslovanje kompanije.

2.2.1.6. Troškovi najma zrakoplova

Mnogi zračni prijevoznici baziraju svoj razvoj na najmu zrakoplova (sa ili bez letačkog osoblja) i pri tome se susreću s kategorijom troškova vezanih za najam zrakoplova. Trošak najma zrakoplova se često svrstava u troškove vezane za letačku operativu. Ako zračni prijevoznici imaju puno zrakoplova u najmu onda su im i ukupni troškovi letačke operative izuzetno visoki, jer su u anuitetu sadržani i troškovi amortizacije i troškovi kamata plaćenih od strane vlasnika zrakoplova. [5]

2.2.1.7. Troškovi osiguranja zrakoplova

Direktni operativni troškovi osiguranja zrakoplova čine do 2% ukupnih direktnih operativnih troškova eksploatacije zrakoplova te se taj podatak može koristiti za grubu procjenu ovih troškova. [7]

2.2.2.. Indirektni operativni troškovi

Indirektni operativni troškovi nadopunjuju direktne operativne troškove, dok su direktni operativni troškovi oni troškovi povezani sa zrakoplovom, indirektni operativni troškovi su oni troškovi povezani s putnicima i ovise o menadžmentu zračnog prijevoznika. Procjena dizajna zrakoplova može se uglavnom ograničiti na direktne operativne troškove jer indirektni operativni troškovi ne ovise o zrakoplovu po definiciji. Detaljno ispitivanje pokazuje da podjela troškova na direktne i indirektne zapravo nije vrlo jasna. Slijedom toga postoje različita tumačenja. Odgovarajuće definicije direktnih i indirektnih operativnih troškova stoga moraju biti pomno promatrane pri proučavanju različitih izvora. Indirektni operativni troškovi općenito su privukli manje interesa od direktnih u prošlosti. [8]

Indirektni operativni troškovi mogu se podijeliti na tri grupe troškova a to su:

Troškovi vezani za zrakoplov i njegovu eksploataciju:

- troškovi zemaljske opreme i infrastrukture za održavanje (hangari, stajanke, alat...)
- troškovi kabinskog osoblja
- troškovi komunikacija
- troškovi prihvata i otpreme.

Troškovi vezani za prijevoz putnika:

- troškovi osiguranja putnika
- troškovi prihvata i otpreme putnika i prtljage
- rezervacija i prodaja karata
- troškovi cateringa (trošak hrane i pića).

Troškovi vezani za prijevoz robe:

- troškovi osiguranja robe
- troškovi skladištenja robe
- troškovi transporta robe do skladišta
- troškovi iskrcaja i ukrcaja robe. [1]

3. Pregled metoda za procjenu direktnih operativnih troškova

U ovom poglavlju opisane su metode određivanja direktnih operativnih troškova za podršku dizajnu zrakoplova i pokazuju ekonomske posljedice specifičnih parametara. Te se metode koriste u preliminarnoj fazi projekata kako bi se omogućila usporedba između različitih konfiguracija zrakoplova i procijenio najbolji izbor vrijednosti za sve parametre zrakoplova. Za procjenu direktnih operativnih troškova eksploatacije zrakoplova postoji nekoliko metoda koje su razrađene od strane proizvođača zrakoplova ili od strane udruženja zračnih prijevoznika. Najpoznatije među njima su:

- ATA *(engl. Air Transport Association of America*)
- DOC System
- NASA *(engl. National Aeronautics & Space Administration*)
- GIFAS (*franc. Groupement des Industries Franciases Aeronautiqe et Spatials*)
- Boeing Parametric
- Douglas Baseline
- AEA (*engl. Association of European Airlines*). [8]

3.1. ATA metoda

ATA (*engl. Air Transport Association of America*) metoda proračuna direktnih operativnih troškova datira od 1944. godine. Metoda se temelji na statističkim podacima operiranja DC serije zrakoplova. Tijekom godina metoda je modificirana u skladu s tehnološkim promjenama. Nastala je kao potreba za kvantificiranjem ekonomskih pokazatelja neposrednog prometovanja zrakoplova. Primjenjiva je kako za zrakoplovne operatore, za odabir zrakoplova za određenu prometnu liniju, tako i od strane proizvođača zrakoplova za planiranje proizvodnje zrakoplova za određeno tržište.

ATA DOC metoda spada u kategoriju *cost-benefit* analiza te predstavlja aproksimaciju kompleksnog ekonomskog modela s velikim brojem varijabli koja daje rezultate približne realnim uz korištenje jednostavnih matematičkih metoda.

Cilj ATA DOC metode je standardizacija načina kojim se obavlja usporedba ekonomskih pokazatelja prometovanja zrakoplova. Metoda je bazirana na vremenskom razdoblju od godine dana, koje u određenim slučajevima može predstavljati ograničavajući faktor naročito kad se uzmu u obzir veći radovi održavanja koji imaju razdoblja obavljanja veća od godine dana. Stvarni troškovi variraju s obzirom na promjene cijene goriva, radnim ugovorima, cijenom rezervnih dijelova itd. ATA DOC metoda daje aproksimaciju temeljenu na statističkim podacima velikog broja zračnih operatora, temeljena je na statističkom prosjeku tako da daje približan rezultat. Na točnost rezultata prilikom komparativnih analiza zrakoplova ne utječu varijable stohastičke prirode budući da se za promatrani vremenski period kreću istim trendom.

Jedan od najnepredvidljivijih elemenata ATA DOC metode su troškovi održavanja, odnosno količina posla predviđenog za održavanje. ATA DOC metoda ovdje također koristi aproksimaciju temeljenu na statističkom praćenju. Tehnološki razvoj zrakoplova odnosno njegovih sustava, povećanje pouzdanosti, uvođenje *fly-by-wire* sustava ima za posljedicu konstantan trend modificiranja parametara. [1]

Prema ATA metodi direktni operativni troškovi održavanja zrakoplova dijele se prema slijedećem obrascu:

$$DOC_{maint} = C_{lab/ap} + C_{lab/eng} + C_{mat/ap} + C_{mat/eng} + C_{amb}$$

gdje su:

- $\mathbf{C_{lab/ap}}$ - troškovi radne snage potrebne za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) u USD/nm
- $\mathbf{C_{lab/eng}}$ - troškovi radne snage potrebne za održavanje motora zrakoplova u USD/nm
- $\mathbf{C_{mat/ap}}$ - troškovi materijala za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) u USD/nm
- $\mathbf{C_{mat/eng}}$ - troškovi materijala za održavanje motora zrakoplova u USD/nm
- $\mathbf{C_{amb}}$ - režijski troškovi održavanja u USD/nm.

Troškovi radne snage potrebne za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) po jednoj nautičkoj milji mogu se izračunati iz:

$$C_{lab/ap} = \frac{1{,}03 \text{ x } (MHR_{mapbl} \text{ x } R_{lap})}{V_{bl}}$$

gdje su:

- **1,03** - neprihodovni faktor koji uključuje dodatne troškove održavanja zbog kašnjenja
- **MHR_{mapbl}** - broj radnih sati potrebnih za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) po blok satu
- **R_{lap}** - cijena radnog sata na održavanju konstrukcije zrakoplova i sustava (bez motora) u USD/nm
- **V_{bl}** - blok brzina tj. blok udaljenost/blok vrijeme. [7]

Troškovi radne snage potrebne za održavanje motora zrakoplova po jednoj nautičkoj milji se računaju prema sljedećem obrascu:

$$C_{lab/eng} = \frac{1{,}03 \text{ x } (1{,}3) \text{ x } N_e \text{ x } MHR_{mengbl} \text{ x } Rl_{eng}}{V_{bl}}$$

gdje su:

- **1,3** - faktor radne snage ovisne o ciklusu leta
- **N_e** - broj motora na zrakoplovu
- **MHR_{mengbl}** - broj radnih sati potrebnih za održavanje motora po blok satu
- **Rl_{eng}** - cijena radnog sata na održavanju motora. [7]

Troškovi materijala za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) po jednoj nautičkoj milji se računaju prema sljedećem obrascu:

$$C_{mat/ap} = \frac{1{,}03 \text{ x } C_{mat/apblhr}}{V_{bl}}$$

gdje je $\mathbf{C_{mat/apblhr}}$ troškovi materijala za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) po blok satu.

Distribucija radnih sati potrebnih za održavanje konstrukcije i sustava zrakoplova (bez motora) i radnih sati potrebnih za održavanje motora varira ovisno o vrsti zrakoplova i motora te ovisno starosti motora. Radni sati potrebni za održavanje motora čine između 10% i 50% ukupnih radnih sati održavanja. [7]

Troškovi materijala za održavanje motora zrakoplova po jednoj nautičkoj milji iznose:

$$C_{mat/eng} = \frac{1{,}03(1{,}3)\ x\ N_e\ x\ C_{engblhr}}{V_{bl}}$$

gdje je $\mathbf{C_{mat/engblhr}}$ troškovi materijala za održavanje motora zrakoplova po blok satu. [7]

Režijski troškovi održavanja pokrivaju troškove rasvjete, grijanja, administrativne troškove u vezi s održavanjem i sl. Računaju se po formuli:

$$C_{amb} = 1{,}03x\frac{f_{\frac{amb}{lab}}x\left(MHR_{mapbl}\ x\ Rl_{ap} + N_e\ x\ MHR_{engbl} + Rl_{eng}\right) + f_{\frac{amb}{mat}}\ x\ (C_{\frac{mat}{apblhr}} + N_e\ x\ C_{mat/engblhr})}{V_{bl}}$$

gdje su $\mathbf{f_{amb/lab}}$ i $\mathbf{f_{amb/mat}}$ faktori raspodjele između troškova radne snage i materijala za održavanje, a procjenjuju se od 0,80 do 1,4 odnosno od 0,2 do 0,7. [7]

Troškovi goriva i ulja po nautičkoj milji prema ATA metoda se mogu izračunati pomoću formule:

$$C_{pol} = \left(\frac{WF_{bl}}{R_{bl}}\right) x \left(\frac{FP}{FD}\right) + \left(\frac{Wol_{bl}}{R_{bl}}\right) x \left(\frac{OLP}{OD}\right)$$

gdje su:

- $\mathbf{WF_{bl}}$ - blok gorivo u lbs
- $\mathbf{R_{bl}}$ - blok udaljenost u nm
- **FP** - cijena goriva u USD/gallon
- **FD** - gustoća goriva u lbs/gallon

- **Wol_{bl}** - težina ulja i maziva u lbs/nm
- **OLP** - cijena ulja i maziva u USD/gallon
- **OD** - gustoća ulja u lbs/gallon.

Alternativna metoda za predviđanje troškova ulja i maziva je da se pretpostavi da oni iznose 5% od troškova goriva što vodi slijedećem obrascu. [7]

$$C_{pol} = 1{,}05 \text{ x } \left(\frac{WF_{bl}}{R_{bl}}\right) \text{x } \left(\frac{FP}{FD}\right)$$

Troškovi letačkog osoblja prema ATA metoda po jednoj nautičkoj milji iznose:

$$C_{crew} = \sum nc_j \text{ x } \left\{\frac{\left(1 + K_j\right)}{V_{bl}}\right\} \text{x } \frac{SAL_j}{AH_j} + \frac{TEF_j}{V_{bl}}$$

gdje su:

- **nc_j** - broj članova posade tipa j (kapetan, kopilot itd.)
- **K_j** - faktor koji pokriva godišnje odmore, troškove obuke, premije, osiguranje itd.
- **V_{bl}** - blok brzina (nm/h)
- **SAL_j** - godišnja plaća člana posade tipa j
- **AH_j** - godišnji broj sati leta za člana posade tipa j
- **TEF_j** - trošak nastao na putovanju za člana posade j (obično je jednak za sve j). [7]

Direktni operativni troškovi amortizacije se dijele prema slijedećem obrascu:

$$DOC_{depr} = C_{dap} + C_{deng} + C_{dprp} + C_{dav} + C_{dapsp} + C_{dengsp}$$

gdje su:

- **C_{dap}** - troškovi amortizacije konstrukcije zrakoplova (bez motora, elise, sustava zrakoplova i rezervnih dijelova) u USD/nm
- **C_{deng}** - troškovi amortizacije motora zrakoplova (bez elise) u USD/nm
- **C_{dprp}** - troškovi amortizacije elise u USD/nm

- $\mathbf{C_{dav}}$ - troškovi amortizacije sustava zrakoplova u USD/nm
- $\mathbf{C_{dapsp}}$ - troškovi amortizacije rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova u USD/nm
- $\mathbf{C_{dengsp}}$ - troškovi amortizacije rezervnih dijelova motora u USD/nm. [7]

Trošak amortizacije konstrukcije zrakoplova po nautičkoj milji može se procijeniti pomoću formule:

$$C_{dap} = \frac{F_{dap} \text{ x } (AEP - N_e \text{ x } EP - N_p \text{ x } PP - ASP)}{DP_{ap} \text{ x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- $\mathbf{F_{dap}}$ - faktor amortizacije konstrukcije zrakoplova
- **AEP** - cijena zrakoplova u USD
- $\mathbf{N_e}$ - broj motora
- **EP** - cijena motora
- $\mathbf{N_p}$ - broj propelera
- **PP** - cijena propelera
- **ASP** - cijena avionskih sustava
- $\mathbf{DP_{ap}}$ - razdoblje amortizacije konstrukcije zrakoplova
- $\mathbf{U_{annbl}}$ - godišnji nalet u blok satima. [7]

Trošak amortizacije motora po jednoj nautičkoj milji mogu se odrediti iz:

$$C_{deng} = \frac{F_{deng} \text{ x } N_{\ e} \text{x } EP}{DP_{\ eng} \text{x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- $\mathbf{F_{deng}}$ - faktor amortizacije motora
- $\mathbf{DP_{eng}}$ - razdoblje amortizacije motora. [7]

Trošak amortizacije elise po jednoj nautičkoj milji:

$$C_{dprp} = \frac{F_{dprp} \text{ x } N_p \text{ x } EP}{DP_{prp} \text{ x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- $\mathbf{F_{dprp}}$ - faktor amortizacije elise
- $\mathbf{DP_{prp}}$ - razdoblje amortizacije elise. [7]

Trošak amortizacije sustava zrakoplova po jednoj nautičkoj milji računa se:

$$C_{dav} = \frac{F_{dav} \text{ x } ASP}{DP_{av} \text{ x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- $\mathbf{F_{dav}}$ - faktor amortizacije avionskih sustava
- $\mathbf{DP_{av}}$ - razdoblje amortizacije avionskih sustava. [7]

Troškovi amortizacije rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova po jednoj nautičkoj milji računaju se:

$$C_{dapsp} = \frac{F_{dapsp} \text{ x } F_{apsp} \text{ x } (AEP - N_e \text{ x } EP)}{DP_{apsp} \text{ x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- $\mathbf{F_{dapsp}}$ - faktor amortizacije rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova
- $\mathbf{F_{apsp}}$ - faktor rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova (jednak je omjeru cijene rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova i cijene zrakoplova bez motora)
- $\mathbf{DP_{apsp}}$ - razdoblje amortizacije rezervnih dijelova konstrukcije zrakoplova. [7]

Troškovi amortizacije rezervnih dijelova motora zrakoplova po jednoj nautičkoj milji računaju se:

$$C_{dengsp} = \frac{F_{dengsp} \text{ x } F_{engsp} \text{ x } N_e \text{ x } EP \text{ x } ESPPF}{DP_{engsp} \text{ x } U_{annbl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- **F_{dengsp}** - faktor amortizacije rezervnih dijelova motora zrakoplova
- **F_{engsp}** - faktor rezervnih dijelova motora zrakoplova (jednak je omjeru cijene rezervnih dijelova motora zrakoplova i cijene motora zrakoplova);
- **ESPPF** - faktor rezervnih dijelova motora ovisan o proizvođaču; za slučaj da je zbroj cijena svih komponenti motora upravo jednak cijeni motora ESPPF = 1, preporuča se uzeti da je ESPPF = 1,5
- **D_{pengsp}** - razdoblje amortizacije rezervnih dijelova motora. [7]

Troškovi amortizacije jednaki su:

$$C_{depr} = \frac{P_{AP} \text{ x } AP}{N_y \text{ x } Uann_{bl} \text{ x } V_{bl}}$$

gdje su:

- **P_{AP}** - postotak vrijednosti zrakoplova koji se amortizira, ako nije drugačije naznačeno P_{AP}=0,9;
- **AP** - cijena zrakoplova
- **N_Y** - predviđen broj godina amortizacije aviona. [7]

Direktni operativni troškovi u vezi kamata iznose do 7% ukupnih direktnih operativnih troškova eksploatacije zrakoplova te se taj podatak može koristiti za procjenu ovih troškova. **(C_{fin}** = 0,07 DOC)

Troškovi kamata na liniji duljine D u USD se mogu izračunati prema slijedećem obrascu:

$$C_{fin} = \frac{k_{fin} \text{ x } AP \text{ x } tb}{U_{annbl}}$$

$$k_{fin} = \frac{i \text{ x } (1+i)^{Ny}}{(1+i)^{Ny} - 1}$$

gdje su:

- **i** - godišnja kamatna stopa;
- **AP** - cijena zrakoplova pripremljenog za eksploataciju
- $\mathbf{U_{annbl}}$ - godišnje iskorištenje u blok satima
- $\mathbf{N_y}$ - broj godina otplate kredita. [7]

Troškovi osiguranja na liniji duljine D u USD se mogu izračunati prema slijedećem obrascu:

$$C_i = \frac{k_i \text{ x } AP \text{ x } tb}{U_{annbl}}$$

gdje je $\mathbf{k_i}$ stopa osiguranja zrakoplova i uobičajena vrijednost je 0,005. [7]

3.2. DOC System metoda

Navedena metoda koristi se za procjenu te predviđanje direktnih operativnih troškova tijekom faze dizajniranja sustava i karakteristika zrakoplova. Svrha ove metode je prikaz ekonomskog troška parametara zrakoplova. Ovu metodu najčešće koriste proizvođači zrakoplova te zrakoplovni inženjeri u svrhu izrade optimalnog dizajna i karakteristika zrakoplova. Pomoću ove metode mogu se predvidjeti određeni operativni troškovi zrakoplova još tijekom samog dizajniranja zrakoplova. Zbog sve veće potražnje zračnih prijevoznika za

nabavkom novih zrakoplova uz što manje troškove održavanja, prema proizvođačima zrakoplova su upućeni mnogi zahtjevi procjene troškova prema karakteristikama upravo zračnog prijevoznika. Zbog mnogobrojnih sustava zrakoplova upravo isti čine jednu trećinu ukupne cijene zrakoplova od strane proizvođača.

Prema Udruženju američkih zračnih prijevoznika (*engl. Air Transport Association of America – ATA*) definirani su osnovni sustavi zrakoplova prema poglavljima kako slijedi:

- poglavlje 21. – sustav klimatizacije
- poglavlje 22. – automatski sustav leta – auto pilot sustav
- poglavlje 23. – komunikacijski sustavi
- poglavlje 24. – sustav napajanja električnom energijom
- poglavlje 25. – oprema
- poglavlje 26. – protupožarni sustav
- poglavlje 27. – sustav upravljanja zrakoplovom
- poglavlje 28. – sustav napajanja gorivom
- poglavlje 29. – hidraulični sustav
- poglavlje 30. – sustav protiv zaleđivanja
- poglavlje 31. – sustav praćenja rada instrumenata zrakoplova
- poglavlje 32. – sustav podvozja
- poglavlje 33. – sustav rasvjete i svijetla zrakoplova
- poglavlje 34. – navigacijski sustav
- poglavlje 35. – sustav za opskrbu zrakoplova kisikom
- poglavlje 36. – pneumatski sustav
- poglavlje 38. – sustav opskrbe zrakoplova tehničkom vodom
- poglavlje 49. – pomoćni sustav opskrbe zrakoplova električnom energijom. [6]

Glavni problem kod procjene, te predviđanja operativnih troškova zrakoplova je odabir odgovarajuće metode proračuna troškova. Iako postoji veći broj metoda izračuna svaka od njih sastoji se od tri glavna elementa na kojima se temelji cijela metoda. Tri zahtjeva koja se moraju ispuniti su:

1. metoda mora prikazati rezultate uz vrlo mali broj dostupnih podataka uz fazi dizajniranja

2. metoda mora prikazati okvirni trošak sustava zrakoplova u odnosu na izvornu cijenu sustava zrakoplova
3. metoda mora prikazati okvirne troškove pojedinih sustava zrakoplova.

Zračni prijevoznici DOC system metodu koriste kod odabira odgovarajućeg tipa zrakoplova prema karakteristikama istih, dok proizvođači zrakoplova navedenu metodu koriste kod dizajniranja zrakoplova. Upravo zbog navedenih razloga može se reći kako je DOC sys metoda pripada u skupinu odgovarajućih i kvalitetnih metoda za procjenu operativnih troškova sustava zrakoplova te održavanja istih.

Kod predviđanja te izračuna okvirnih troškova sustava i održavanja sustava zrakoplova važno je koristiti operativne troškove amortizacije, goriva, održavanja, pouzdanosti rada sustava, trošak rezervnih dijelova sustava.

Osnovna formula koja se koristi za izračun direktnih operativnih troškova je:

$$\mathrm{DOC_{sys}} = \mathrm{Depr_{sys}} + \mathrm{Fuel_{sys}} + \mathrm{DMC_{sys}} + \mathrm{DR_{sys}} + \mathrm{SHC_{sys}}$$

gdje su:

- **$\mathrm{Depr_{sys}}$** – trošak amortizacije sustava
- **$\mathrm{Fuel_{sys}}$** – trošak goriva
- **$\mathrm{DMC_{sys}}$** – trošak održavanja sustava
- **$\mathrm{DR_{sys}}$** – trošak pouzdanosti rada sustava
- **$\mathrm{SHC_{sys}}$** – trošak rezervnih dijelova.

Kod procjene troškova održavanja upravo $\mathrm{DMC_{sys}}$ i $\mathrm{SHC_{sys}}$ predstavljaju ključan čimbenik. Trošak održavanja sustava izravno ovisi i materiju i elementima izrade. Trošak rezervnih dijelova sustava zrakoplova ovisi prvenstveno o broju i floti zrakoplova zračnog prijevoznika, te broju i cijeni rezervnih dijelova koja se nalaze u skladištu. [9]

3.3. AEA metoda

Tehnički odbor AEA je 1980. godine razvio metodu za predviđanje direktnih operativnih troškova eksploatacije zrakoplova. Za razliku od većine postojećih metoda koje su razvijene za zrakoplove s turbo-mlaznom pogonskom grupom metoda AEA daje mogućnost ocjene troškova održavanja i za turbo-prop pogonsku grupu što je prednost u odnosu na ostale metode. [8]

Prema AEA metodi direktni operativni troškovi dijele se na troškove:

- amortizacije - $\mathbf{C_{DEP}}$
- kamata - $\mathbf{C_{INT}}$
- osiguranja - $\mathbf{C_{INS}}$
- goriva - $\mathbf{C_F}$
- održavanja - $\mathbf{C_M}$
- letačkog i kabinskog osoblja - $\mathbf{C_C}$
- naknada i pristojbi - $\mathbf{C_{FEE}}$.

Direktni operativni troškovi čine sumu prethodno nabrojanih elemenata.

$$C_{DOC} = C_{DEP} + C_{INT} + C_{INS} + C_F + C_M + C_C + C_{FEE}$$

Amortizacija je distribucija smanjenja vrijednosti predmeta tijekom njegovog korisnog životnog vijeka. Korisni vijek trajanja tijekom kojeg se stavka treba amortizirati mora se postaviti i mora se točno utvrditi kolika je redukcija vrijednosti. [8]

Troškovi amortizacije računaju se prema:

$$C_{DEP} = \frac{P_{TOTAL} - P_{RESIDUAL}}{n_{DEP}}$$

$$P_{TOTAL} = P_{DELIVERY} + P_S$$

$$P_S = k_{S,AF} \text{ x } P_{AF} + k_{S,E} \text{ x } n_E \text{ x } P_E$$

gdje je:

- $\mathbf{P_{TOTAL}}$ - cijena zrakoplova

- $\mathbf{P_{RESIDUAL}}$ - cijena koju zrakoplov postiže prilikom otpisa
- $\mathbf{P_{DELIVERY}}$ - konačna cijena koju plaća naručitelj zrakoplova nakon svih promjena koje su zatražene (nakon popusta ili nekih posebnih zahtjeva naručitelja)
- $\mathbf{P_S}$ - cijena rezervnih dijelova
- $\mathbf{P_{AF}}$ - cijena konstrukcije zrakoplova
- $\mathbf{n_E}$ - broj motora na zrakoplovu
- $\mathbf{P_E}$ - cijena motora zrakoplova.

Omjer cijene rezervnih dijelova i cijene zrakoplova iznosi 1, dok su koeficijenti $\mathbf{k_{S,AF}}$ i $\mathbf{k_{S,E}}$ po AEA metodi zadani i iznose 0,10 odnosno 0,30. Korisni životni vijek trajanja $\mathbf{n_{DEP}}$ tijekom kojeg se zrakoplov mora amortizirati po ovoj metodi iznosi 14.

Kamata koja se plaća investitoru izračunava se pomoću prosječne kamatne stope $\mathbf{p_{AV}}$ koja prema ovoj metodi iznosi 0,0529 i računa se na godišnjoj razini prema:

$$C_{INT} = p_{AV} \times P_{TOTAL}$$

$$p_{AV} = 0{,}0529$$

AEA metoda kao i sve druge metode koje računaju direktne operativne troškove u obzir uzima i troškove osiguranja zrakoplova od bilo koje vrste oštećenja koje su nastale na zrakoplovu i računa se po obrascu:

$$C_{INS} = k_{INS} \times P_{DELIVERY}$$

$$k_{INS} = 0{,}005$$

Poznato je da se cijene mlaznog goriva formiraju na međunarodnom tržištu i da su predmet intenzivnih fluktuacija. Cijene goriva treba dobro proučiti i razmotriti kakve su prognoze vezane za cijene goriva u budućnosti. AEA metoda računa troškove goriva pomoću formule:

$$C_F = n_{t,a} \times P_F \times m_F$$

gdje su:

- $\mathbf{n_{t,a}}$ - broj naleta u godini
- $\mathbf{P_F}$ - cijena goriva
- $\mathbf{m_F}$ - masa goriva potrošenog tijekom leta. [8]

Izračun troškova održavanja ovisi o velikom broju elemenata. Troškovi održavanja računaju se onako kako su prethodno opisani i zadani od strane organizacije za održavanje. Ovi troškovi dijele se na:

- direktne troškove održavanja - troškovi koji se izravno odnose na održavanje zrakoplova
- indirektne troškove održavanja - troškovi održavanja nastali djelovanjem organizacije za održavanje, koji nemaju izravan odnos sa zrakoplovom.

$$C_M = \left(C_{M,AF,b} + n_E \, x \, C_{M,P,b}\right) x \, t_b x \, n_{t,a}$$

$$C_{M,AF,b} = 175 \frac{US\ \$}{n} + 0{,}041 \frac{US\ \$}{h\ kg} \, x \, m_{OE}$$

$$C_{M,P,b} = 0{,}00029 \frac{US\ \$}{h \, x \, N} \, x \, T_{T/O}$$

Računaju su prema formulama navedenim iznad gdje je:

- $\mathbf{C_{M,AF,b}}$ - trošak održavanja konstrukcije zrakoplova
- $\mathbf{C_{M,P,b}}$ - trošak održavanja motora zrakoplova
- $\mathbf{t_b}$ - blok vrijeme
- $\mathbf{m_{OE}}$ - operativna težina praznog zrakoplova
- $\mathbf{T_{T/O}}$ - potisak jednog motora prilikom polijetanja.

U direktne operativne troškove također su uključeni i troškovi letačkog i kabinskog osoblja koji se dijele na:

- $\mathbf{C_{C,CO}}$ - troškovi letačkog osoblja
- $\mathbf{C_{C,CA}}$ - troškovi kabinskog osoblja i računaju se prema:

$$C_C = C_{C,CO} + C_{C,CA}$$

$$C_C = (n_{CO} \text{ x } L_{CO} + n_{CA} \text{ x } L_{CA}) \text{ x } t_b \text{ x } n_{t,a}$$

$$L_{CO} = 246{,}5$$

$$L_{CA} = 81$$

gdje su:

- $\mathbf{n_{CO}}$ - broj članova letačkog osoblja
- $\mathbf{L_{CO}}$ - sat rada letačkog osoblja
- $\mathbf{n_{CA}}$ - broj članova kabinskog osoblja
- $\mathbf{L_{CA}}$ - sat rada kabinskog osoblja
- $\mathbf{t_b}$ - blok vrijeme.

Cijene sata rada prema ovoj metodi su zadane i iznose 246,5 cjenovnih jedinica za članove letačkog osoblja i 81 cjenovna jedinica za članove kabinskog osoblja. [8]

Većina metoda koje računaju direktne operativne troškove uključuju troškove naknada i pristojbi pa tako i AEA metoda. Prema ovoj metodi troškovi se dijele na:

- $\mathbf{C_{FEE,LD}}$ - troškove slijetanja i polijetanja, odnosno korištenja uzletno - sletne staze
- $\mathbf{C_{FEE,NAV}}$ - troškovi navigacijskih usluga i usluga kontrole zračne plovidbe
- $\mathbf{C_{FEE,GND}}$ - troškovi zemaljskih usluga koje uključuju
  - zemaljske usluge: usluge povezane s prihvatom i otpremom putnika, prtljage i tereta i zrakoplova
  - tehničke usluge: punjenje zrakoplova gorivom, održavanje i odleđivanje zrakoplova.

$$C_{FEE} = C_{FEE,LD} + C_{FEE,NAV} + C_{FEE,GND}$$

$$C_{FEE,LD} = k_{LD} \text{ x } m_{MTO} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

$$C_{FEE,NAV} = k_{NAV} \text{ x R x } \sqrt{m_{MTO}} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

$$C_{FEE,GND} = k_{GND} \text{ x } m_{pl} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

Prema ovoj metodi koeficijent $\mathbf{k_{LD}}$ iznosi 0,0078, $\mathbf{k_{NAV}}$ iznosi 0,00414 dok koeficijent $\mathbf{k_{GND}}$ iznosi 0,10. Oznaka R predstavlja duljinu leta. [8]

3.4. Usporedba metoda za izračun direktnih operativnih troškova zrakoplova

Prilikom određivanja metode za predviđanje direktnih operativnih troškova potrebno je naznačiti koji čimbenici utječu na pojedine od njih. Kod ATA metode u obzir se uzimaju troškovi letačkog osoblja koji ovise o maksimalnoj težini zrakoplova pri polijetanju, brzini, blok vremenu, dnevnom i godišnjem naletu članova posade i godišnjoj iskoristivosti zrakoplova. Troškovi goriva ovise o masi zrakoplova, režimu leta i dužini linije. Troškovi održavanja konstrukcije zrakoplova, motora i sustava ovise o težini praznog zrakoplova, potisku, polumjeru i broju krakova elise, razmjeru održavanja vlastitom radnom snagom i opremom, politici nabave rezervnih dijelova, cijeni radnog sata na održavanju itd. Troškovi obaveznog osiguranja zrakoplova ovise o nabavnoj cijeni, stopi osiguranja i godišnjoj iskoristivosti zrakoplova. Troškovi amortizacije zrakoplova ovise o nabavnoj cijeni, razdoblju i stopi amortizacije i godišnjoj iskoristivosti zrakoplova. [7]

DOC system metoda je jedna od metoda pomoću koje se direktni operativni troškovi računaju prema sustavima zrakoplova. Kada se uspoređuju direktni operativni troškovi dviju mogućnosti dizajna sustava, gledaju se samo one troškove koji su izravno prouzročeni sustavom. Stoga je ova metoda sastoji od elemenata troškova za amortizaciju, gorivo,

održavanje, pouzdanost otpreme i troškove skladištenja rezervnih dijelova i svaki sustav se računa pojedinačno ovisno o tome koji se trenutno razmatra. [9]

Za razliku od većine postojećih metoda koje su razvijene za zrakoplove s turbo-mlaznom pogonskom grupom metoda AEA daje mogućnost ocjene troškova održavanja i za turbo-prop pogonsku grupu što je prednost u odnosu na ostale metode. Prema AEA metodi direktni operativni troškovi dijele se na troškove amortizacije, kamata, osiguranja, goriva, održavanja, letačkog i kabinskog osoblja, naknada i pristojbi. [8]

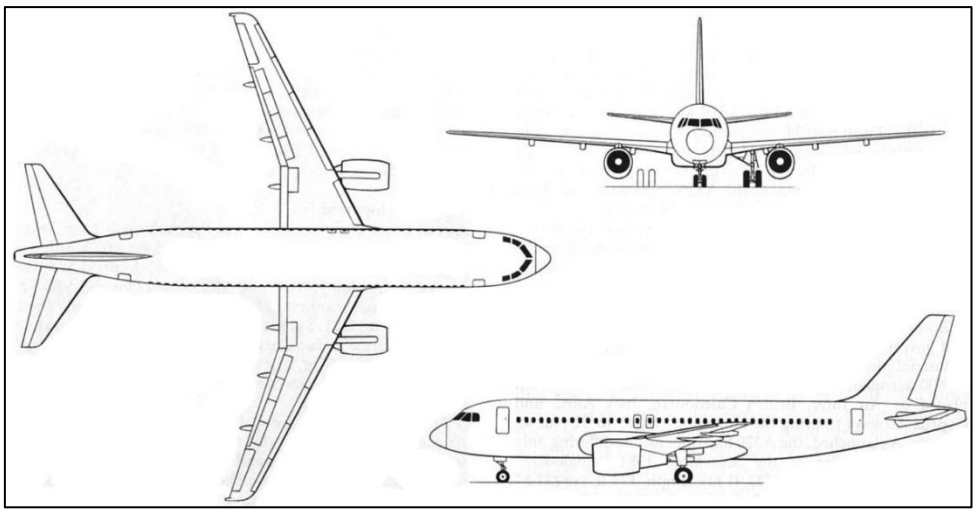
4. Izračun direktnih operativnih troškova za zrakoplov A320

Europski konzorcij Airbus Industrie pojavljuje se na tržištu uskotrupnih mlaznih zrakoplova 1988. godine s dotada najmodernijim zrakoplovom A320. Najveća prednost zrakoplova koje proizvodi Airbus Industrie jest u tome što su pripadnici jedne porodice zrakoplova tehnološki gotovo identični i na taj način pružaju mogućnost znatnih ušteda na području školovanja letačkog osoblja, planiranja posada i održavanja. [10]

Za izračun direktnih operativnih troškova na primjeru zrakoplova A320 izabrana je AEA metoda, obzirom da zbog više vrsta direktnih operativnih troškova, moguća je detaljnija analiza procjene troškova održavanja zrakoplova kao udjela troškova eksploatacije

4.1. Tehnološke karakteristike i performanse zrakoplova A320

Porodica zrakoplova A320 sastoji se od 4 člana: A318, A319, A320 i A321. A320 je moderni putnički zrakoplov srednjeg doleta. Poznat je i kao prvi putnički zrakoplov u koji je ugrađena napredna fly-by-wire tehnologija uz pomoć koje se zrakoplovom upravlja putem elektronskih impulsa i koje onemogućuje prekoračenje određenih dopuštenih parametara leta kao maksimalne i minimalne brzine, napadni kut i sl. Uveden je u komercijalnu uporabu 1988. godine. Na slici 3 prikazan je zrakoplov A320. Tablica 1 prikazuje dimenzije zrakoplova, broj i vrstu motora, maksimalnu težinu polijetanja kao i kapacitet zrakoplova. [10]



Slika 3. Zrakoplov Airbus A320

Izvor: [11]

Tablica 1. Značajke zrakoplova Airbus A320

Inačica		A320
Pogon		dva 111-120 kN CFM56-5 ili IAE V2500
Maksimalni kapacitet goriva		29840 l
Ekonomična brzina krstarenja		840 km/h
Dolet (maksialni dolet)		4800 km (5700 km)
MTOW (maksimlna težina polijetanja)		77 t
Raspon krila		34,10 m
Duljina		37,57 m
Visina repa		11,76 m
Površina krila		122,6 m^2
Širina trupa		3,95 m
Širina kabine		3,70 m
Duljina kabine		27,51 m
Kapacitet	posada	2
	putnici	150 - 179
	teret	37,41 m^2

Izvor: [10]

4.2. Direktni operativni troškovi za A320

Primjer proračuna direktnih operativnih troškova za A320 pomoću AEA metode. Pretpostavlja se da se kredit za zrakoplov podiže na razdoblje od 25 godina, kamatna stopa po ovoj metodi iznosi 0,0529 dok je godišnja rata kredita 6 503 000. Navedene vrijednosti odnose se na godišnju razinu troškova zrakoplov A320. Predstavljaju okvirne vrijednosti i predstavljaju red veličine. Stvarni trošak odstupa od izračunatih vrijednosti i ovisi o specifičnostima koje su drugačije za svaki pojedini let.

$$C_{DOC} = C_{DEP} + C_{INT} + C_{INS} + C_F + C_M + C_C + C_{FEE}$$

Izračun troškova amortizacije:

$$C_{DEP} = \frac{P_{TOTAL} - P_{RESIDUAL}}{n_{DEP}}$$

cijena zrakoplova	70 000 000
cijena koju zrakoplov postiže prilikom otpisa	7 000 000
životni vijek trajanja tijekom kojeg se zrakoplov mora amortizirati	14

$$C_{DEP} = 4\ 500\ 000 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova kamata:

$$C_{INT} = p_{AV} \text{ x } P_{TOTAL}$$

$$p_{AV} = 0{,}0529$$

$$C_{INT} = 3\ 703\ 000 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova osiguranja:

$$C_{INS} = k_{INS} \text{ x } P_{DELIVERY}$$

$$k_{INS} = 0{,}005$$

konačna cijena koju plaća naručitelj zrakoplova nakon svih promjena koje su zatražene	94 000 000

$$C_{INS} = 470\ 000 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova goriva:

$$C_F = n_{t,a} \text{ x } P_F \text{ x } m_F$$

broj naleta u godini	1500
cijena goriva	1,77
masa goriva potrošenog tijekom leta	5830,48

$$C_F = 15\ 479\ 924 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova održavanja:

$$C_M = \left(C_{M,AF,b} + \ n_E \text{ x } C_{M,P,b}\right) \text{x } t_b \text{x } n_{t,a}$$

$$C_{M,AF,b} = 175 \frac{\text{US \$}}{n} + 0{,}041 \frac{\text{US \$}}{\text{h kg}} \text{ x } m_{OE}$$

$$C_{M,P,b} = 0{,}00029 \frac{\text{US \$}}{\text{h x N}} \text{ x } T_{T/O}$$

$C_{M,AF,b}$	3 566
$C_{M,P,b}$	6,409
blok vrijeme	1,5
operativna težina praznog zrakoplova	82 730
potisak jednog motora	22 100
broj naleta u godini	1 500

$$C_M = 8\ 052\ 340 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova letačkog i kabinskog osoblja:

$$C_C = C_{C,CO} + \ C_{C,CA}$$

$$C_C = (n_{CO} \text{ x } L_{CO} + \ n_{CA} \text{ x } L_{CA}) \text{ x } t_b \text{ x } n_{t,a}$$

$$L_{CO} = 246{,}5$$

$$L_{CA} = 81$$

broj članova letačkog osoblja	2
broj članova kabinskog osoblja	6
broj naleta u godini	1 500
blok vrijeme	1,5

$$C_C = 2\ 202\ 750 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Izračun troškova aerodromskih i navigacijskih naknada:

$$C_{FEE} = C_{FEE,LD} + C_{FEE,NAV} + C_{FEE,GND}$$

$$C_{FEE,LD} = k_{LD} \text{ x } m_{MTO} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

$$C_{FEE,NAV} = k_{NAV} \text{ x R x } \sqrt{m_{MTO}} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

$$C_{FEE,GND} = k_{GND} \text{ x } m_{pl} \text{ x } n_{t,a} \text{ x } k_{INF}$$

k_{LD}	0,0078
k_{NAV}	0,00414
k_{GND}	0,10
k_{INF}	1
m_{MTO}	77 000
m_{PL}	16 600
duljina leta	739
broj naleta u godini	1 500
troškovi slijetanja	900 900
troškovi navigacijskih usluga	1 273 448
troškovi zemaljkih usluga	2 490 000

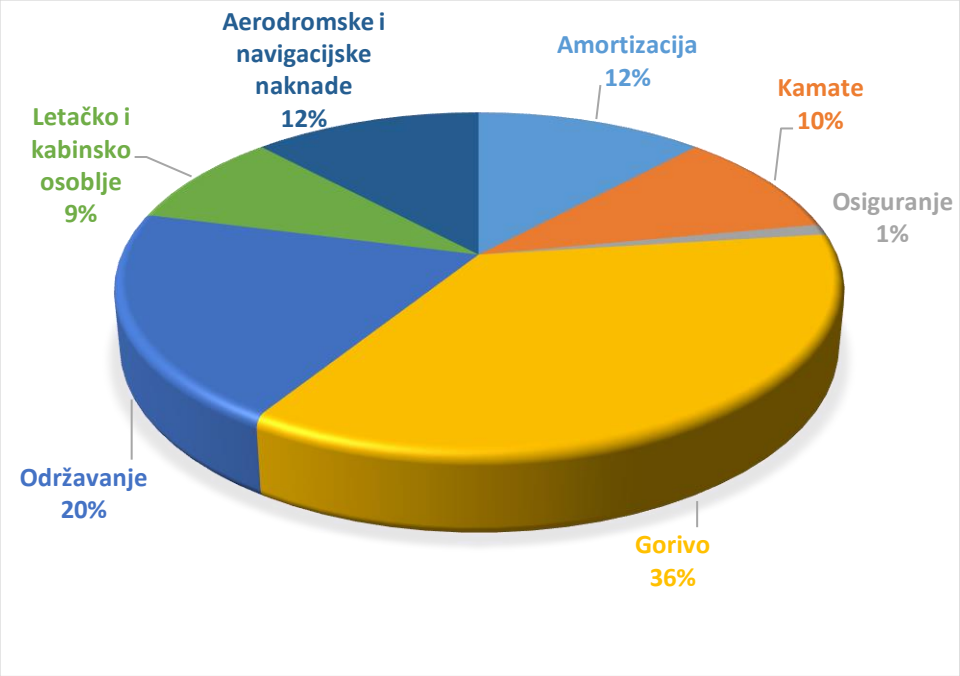
$$C_{FEE} = 4\ 664\ 348 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Ukupni direktni operativni troškovi iznose:

C_{DEP}	4 500 000
C_{INT}	3 703 000
C_{INS}	470 000
C_F	15 479 924
C_M	8 052 340
C_C	2 202 750
C_{FEE}	4 664 348

$$C_{DOC} = 39\ 072\ 362 \text{ cjenovnih jedinica}$$

Provedenom analizom direktnih operativnih troškova za A320 vidljivo je da najveći dio pripada troškovima goriva, troškovi amortizacije, kamata, aerodromskih i navigacijskih naknada i troškova letačkog i kabinskog osoblja su znatno niži. Troškovi održavanja iznose 20%. Grafikon 1. prikazuje podjelu direktnih operativnih troškova za A320. [12]



Grafikon 1. Prikaz direktnih operativnih troškova zrakoplova Airbus A320

Izvor: [12]

5. Zaključak

Brzi tehnički i tehnološki razvoj civilnog zrakoplovstva stavio je mnoštvo zahtjeva pred zrakoplove kompanije. Jedan od ekonomski vrlo značajnih zahtjeva, koji utječe na ekonomiku poslovanja zrakoplovnih prijevoznika jest zahtjev za osiguranje investicijskih sredstava za nabavku nove flote ili novog zrakoplova. Značajan aspekt brzog tehničko-tehnološkog razvoja u zračnom prometu jest brzo zastarijevanje flote. Naime, suvremena praksa u svijetu pokazuje da zrakoplovne kompanije u uvjetima velike konkurencije moraju pratiti tehnički progres u industriji zrakoplovstva i u promet uvoditi nove tipove zrakoplova vrlo brzo nakon što su oni proizvedeni i nakon što ih je u eksploataciju uključila neka druga kompanija. Upravo u tome uvelike nam pomažu upravo metode za procjenu direktnih operativnih troškova, ali i sama raspodjela troškova životnog vijeka zrakoplova. Ukoliko se zračni prijevoznik odluči na kupnju novog ili najam zrakoplova prvo mora napraviti izračun troškova za taj zrakoplov i vidjeti odgovara li traženim zahtjevima.

Računajući direktne operativne troškove za zrakoplov A320 i podatke dobivene od zračnog prijevoznika može se zaključiti da su troškovi goriva oni koji najviše variraju upravo zbog čestog mijenjanja cijene goriva na tržištu i da su troškovi goriva oni koji zrakoplovnog prijevoznika, ukoliko se nije unaprijed osigurao, mogu dovesti do većih ukupnih rashoda nego prihoda. Troškovi najma, kamata i osiguranja u praksi ne zauzimaju velik dio ukupnih direktnih operativnih troškova dok na letačko osoblje na primjeru zrakoplova A320 otpada 9% kao i na amortizaciju 12%. Aerodromske i navigacijske naknade predstavljaju bitan aspekt direktnih operativnih troškova, a uključuju troškove navigacijskih usluga i usluga kontrole zračnog prometa. Troškovi održavanja zrakoplova također su vrlo kompleksni i ovise o velikom broju elemenata. Neki od elemenata su troškovi radne snage za održavanje konstrukcije zrakoplova, troškovi radne snage za odražavanje motora zrakoplova, troškovi materijala za održavanje i strukture i motora zrakoplova. Iz svih prethodno nabrojanih elementa jasno je vidljivo da su troškovi održavanja od iznimne važnosti i potrebno ih je vrlo dobro proučiti kako bi se znali unaprijed predvidjeti jer po dobivenim podatcima za zrakoplov A320 iznose čak 20%.

Detaljno proučavanje ove teme i problema dovodi do zaključka da operator koji nabavlja novi zrakoplov u floti mora biti usredotočen na troškove razvoja eksploatacije zrakoplova jednako kao i na nabavnu cijenu zrakoplova. U eksploataciji zrakoplova mora se

već kod nabavke voditi računa i o svim drugim troškovima bez obzira što se na prvi pogled ne vide oni čine veći dio troškova eksploatacije.

Literatura

[1] Bazijanac, E.: *Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova*, Teoretske osnove, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2007.

[2] Vidović, A.: *Nekonvencionalno zrakoplovstvo* - zabilješke s predavanja; Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.

[3] http://www.fusetra.eu/documents/FUSETRA_D51_Requirements.pdf (kolovoz, 2017.)

[4] Domitrović, A.: *Značaj održavanja u eksploataciji zrakoplova*, autorizirana predavanja, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.

[5] Tatalović, M., Mišetić, I., Bajić, J.: *Menadžment zrakoplovne kompanije*, Zagreb, 2012.

[6] http://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Financijske-informacije/Izvjesca-o-poslovanju (kolovoz, 2017.)

[7] Roskam, J.: Airplane Design, Part VII: *Airplane cost estimation: Design, developmet, manufacturing and operating*, The University of Kansas, Lawrence, Kansas, Sjedinjenje Američke Države, 1990.

[8] http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/HOOU/AircraftDesign_14_DOC.pdf (kolovoz, 2017.)

[9] http://studylib.net/doc/8229984/a-method-for-predicting-direct-operating-costs during-air... (kolovoz, 2017.)

[10] Radačić, Ž., Suić, I., Škurla Babić, R.: *Tehnologija zračnog prometa 1*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.

[11] http://aviadejavu.ru/Images6/AN/AN85-6/17-1.jpg (kolovoz, 2017.)

[12] Konzultacije sa stručnim osobljem Croatia Airlines-a, Zagreb, rujan, 2017.

Popis kratica

ACQ	(Acquisition Cost) - trošak proizvodnje
AEA	(Association of European Airlines) - udruženje europskih zrakoplovnih prijevoznika
ATA	(Air Transport Association of America) - udruženje američkih zrakoplovnih prijevoznika
DISP	(Disposal Cost) - trošak otpisa, rashodovanja
DOC	(Direct Operating Costs) - direktni operativni troškovi
GIFAS	Groupement des Industries Franciases Aeronautiqe et Spatials) – udruženje francuske zrakoplovne i svemirske industrije
IATA	(International Air Transport Association) - međunarodno udruženje zrakoplovnih prijevoznika
IOC	(Indirect Operating Costs) - indirektni operativni troškovi
LCC	(Life Cycle Cost) - troškovi životnog vijeka
NASA	(National Aeronautics & Space Administration) - američka svemirska agencija
OPS	(Operations Cost) - trošak eksploatacije i održavanja
RDTE	(Resarch, Development, Test, Evaluation) - istraživanje, razvoj i ispitivanje
USD	(United States Dollar) - američki dolar

Popis slika

Slika 1. Elementi troškova ciklusa u životnom vijeku zrakoplova 3
Slika 2. Ledeni brijeg 5
Slika 3. Zrakoplov Airbus A320 28

Popis grafikona

Grafikon 1. Prikaz direktnih operativnih troškova zrakoplova Airbus A320 33

Popis tablica

Tablica 1. Značajke zrakoplova Airbus A320 29

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **PROCJENA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA KAO UDJELA TROŠKOVA EKSPLOATACIJE** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 23.9.2017

(potpis)