

TEHNOLOŠKI RAZVOJ KOMERCIJALNIH VAZDUHOPLOVA

Nenad Kapor, email: nenad.kapor@iu-travnik.com

Saobraćajni fakultet Travnik u Travniku, Megatrend univerzitet, Fakultet za civilno vazduhoplovstvo Beograd, Adriatik univerzitet, Fakultet za saobraćaj, komunikacije i logistiku Budva

Tomislav Jovanović, email: toma.jovanovic@iu-travnik.com

Saobraćajni fakultet Travnik u Travniku, Megatrend univerzitet, Fakultet za civilno vazduhoplovstvo Beograd, Adriatik univerzitet, Fakultet za saobraćaj, komunikacije i logistiku Budva

Borko Popović, email: b.popovic@megatrend.edu.rs

Megatrend univerzitet, Fakultet za civilno vazduhoplovstvo, Beograd

Sažetak: U ovom radu razmatra se tehnološki razvoj komercijalnih vazduhoplova dvadeset prvog stoleća. Razvoj će se temeljiti na definisanju potreba tržišta usluga i načina njihovog zadovoljenja. U fokusu su sledeći zahtevi: (1) niži troškovi-veća prihvatljivost prevoza, (2) veća propusna moć sistema vazdušnog saobraćaja, (3) smanjenje negativnih uticaja na životnu sredinu, (5) veća bezbednost u vazdušnom saobraćaju i (5) bolje performanse vazduhoplova. U vidu odgovora na ove zahteve, opredeljuju se tehničko-tehnološke generičke discipline koje bi trebalo da doprinesu realizaciji ciljeva razvoja: aerodinamika, pogonske grupe, materijali i strukture, avionika i upravljanje, i tzv. kognitivni inženjering.

Ključne reči: propusna moć sistema, tehnološki razvoj, životna sredina, struktura vazduhoplova

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF COMMERCIAL AIRCRAFT

Abstract: In this paper the technological development of commercial aircraft of the twenty-first century is discussed. The development will be based on defining the needs of the services market and the way they are met. The following requirements are in focus: (1) lower costs - greater convenience of transport, (2) higher capacity of the air transport system, (3) reduction of negative environmental impacts, (5) increased safety in air traffic and transportation, and (5) better performance of the aircraft. In response to these requirements, technical and technological generic disciplines are defined which should contribute to the realization of development goals: aerodynamics, propulsion, new materials and structures, avionics and control, and cognitive engineering.

Key words: development, air transport system, aircraft, technology, safety

1. UVOD

Početak dvadesetog stoleća otvorio je put razvoju vazduhoplovstva. Od 1903. godine, pa do tridesetih godina prošlog veka, može se reći, nije bilo komercijalne upotrebe vazduhoplova. Nakon Drugog svetskog rata počinje era ubrzanog razvoja vazduhoplova kao složenog tehničko-tehnološkog proizvoda i razvoj delatnosti vazdušnog saobraćaja.

U glavne karakteristike vazdušnog saobraćaja danas, pored ostalog, ubrajaju se brzina, visok kvalitet usluga, sigurnost, ekonomičnost i dostupnost usluga. Zadovoljenje stalno rastućih potreba za prevozom vazdušnim putem, skopčano je sa nizom posledica, koje su globalnog

karaktera, a koje se, manje-više, pripisuju svim oblicima transporta: potrošnja energije, emisije GHGs (GreenHouse Gases), buka, promene namene zemljišta, zagđenja vode...

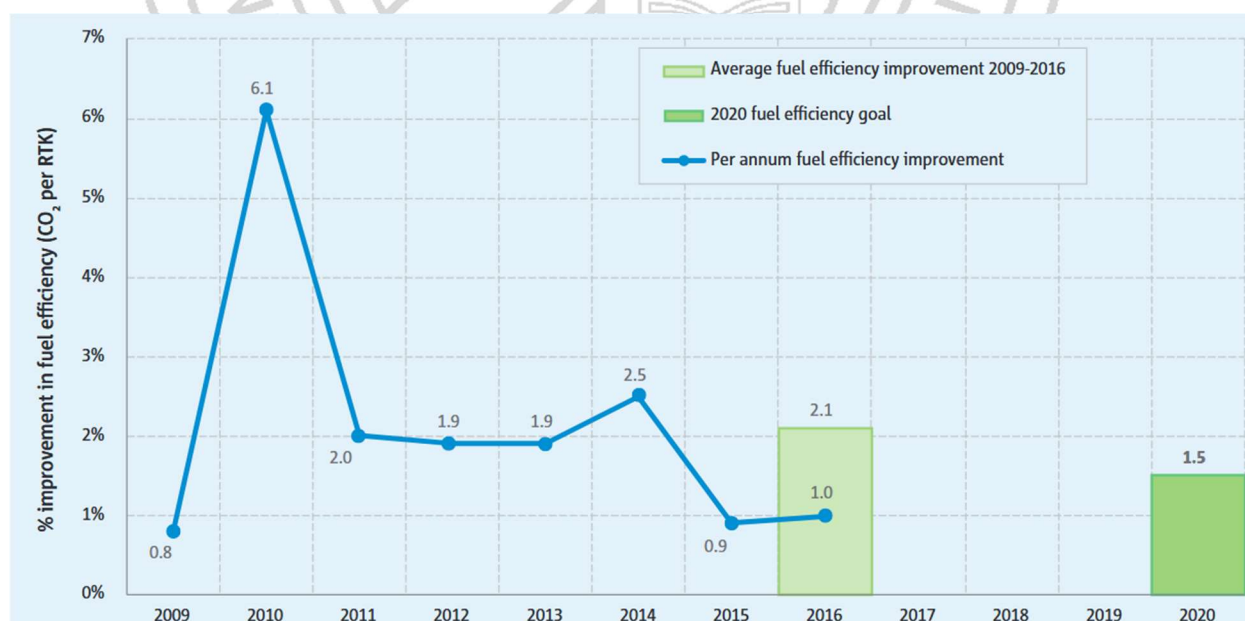
Tehnološki razvoj vazduhoplova i sistema vazdušnog saobraćaja u celini, ogleda se u napretku uz stalno praćenje odnosa "korist-generalisana cena". Zahtevi tržišta usluga, koji se ispostavljaju pred proizvođače u sektoru vazdušnog saobraćaja su često oprečni: zahtevamo što niže troškove i veću prihvatljivost prevoza, veću propusnu moć (kapacitet) sistema vazdušnog saobraćaja, što manje negativnog uticaja na životnu sredinu tokom proizvodnje, eksploatacije do amortizovanja, vrlo visok stepen bezbednosti i što bolje performanse sistema.

U ovom radu razmotramo tehnološke izazove u razvoju komercijalnih vazduhoplova, kao nosilaca zadovoljenja buduće tražnje za prevozom.

2. RAZVOJ FLOTE NOVIH KARAKTERISTIKA

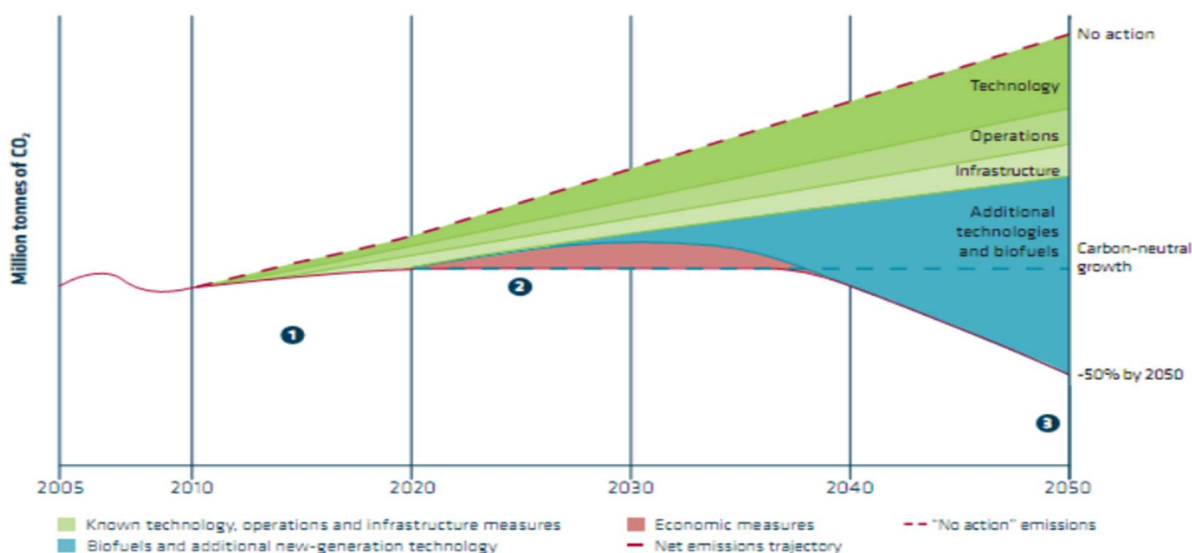
2.1 Redukcija potrošnje pogonske energije (viša energetska efikasnost)-pogonske grupe

Već decenijama vazdušni prevoz nema konkurencije na dužim relacijama u odnosu na druge vidove prevoza. Konkurentna borba se odvija unutar same grane prevoza, gde aviokompanije nizom aktivnosti iznalaze načine da učine sebe konkurentnijim na tržištu usluga u vazdušnom saobraćaju. Jedan od najbitnijih momenata u toj borbi je izbor strukture i koncepta razvoja flote vazduhoplova. Na primer, dizajn vazduhoplova s početka ovog veka karakteriše niža potrošnja goriva za oko 15% u odnosu na avione desetak godina starije uz smanjenje emisija za oko 40% (ICAO,2010). Dalje, po podacima IATA (EAER, 2019) postignut je značajniji rezultat u podizanju efikasnosti vazduhoplova u odnosu na potrošnju goriva-Slika 1.



Sl. 1. Procentualno poboljšanje efikasnosti potrošnje goriva (CO₂/RTKM) [2]

Na narednoj slici –Slika 2 , dat je pregled redukcije CO₂ u vremenskom periodu 2005- 2050. godina sa očekivanim doprinosom niza preduzetih mera (1) primenom poznatih tehnologija proizvodnje i eksploatacije vazduhoplova , (2) primenom ekonomskih mera (3) infrastrukturnih poboljšanja¹⁰⁵ i (4) primenom novih tehnologija u proizvodnji vazduhoplova i biogoriva do rezultata u smanjenju CO₂ za 50% u odnosu na 2005. godinu.



Slika 2. Redukcija emisije CO₂ kroz vreme (Izvor:TP38, 2012) [3]

Vrlo ambiciozan cilj, koji se očigledno može ostvariti kombinovanjem različitih mera uz razvoj potpuno novih tehnologija, koje su sada na nivou teorijskih razmatranja i eksperimenata. Ne sme se prenebrežniti napor avio kompanija, koji ulažu u poboljšanje produktivnosti flote. U Tabeli 1 (TP38,2012) može se uočiti promena parametara produktivnosti flote na kraju prve dekade 21. veka: povećanje LF na skoro 80%, znatno veći nalet aviona-3.500 sati, pri prosečnoj veličini aviona od 166 mesta. Time se daje ukupan doprinos smanjenju emisija i ekološkoj povoljnosti vazdušnog transporta¹⁰⁶.

Tabela 1: Pokazatelji produktivnosti flote vazduhoplova [3]

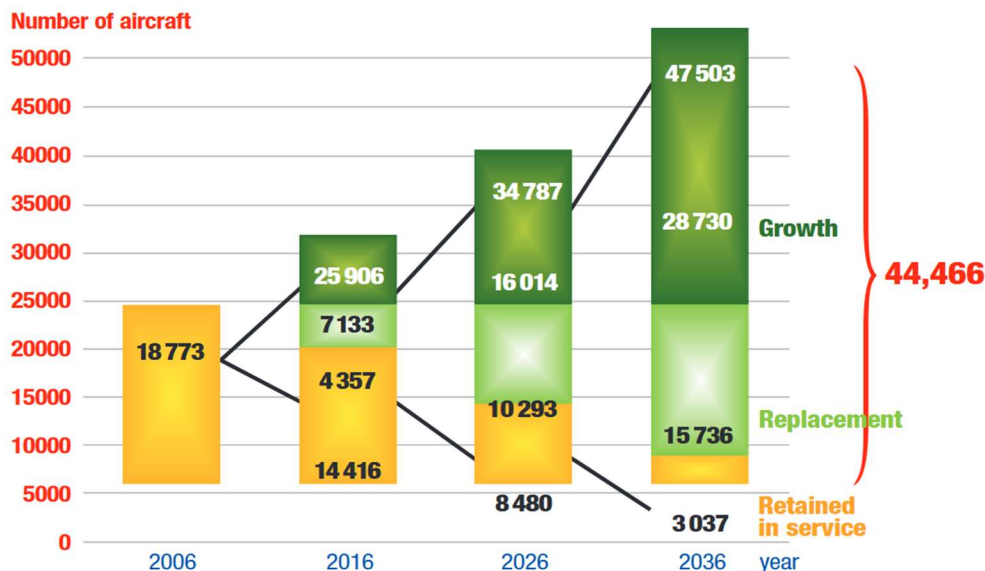
	1979	1989	1999	2019
Load factor (%)	66	68	69	76
Nalet (h/god.)	2.068	2.193	2.777	3.502
Veličina (broj sed.)	149	181	171	166

Izvor: TP38,2012

¹⁰⁵ SESAR i NextGen

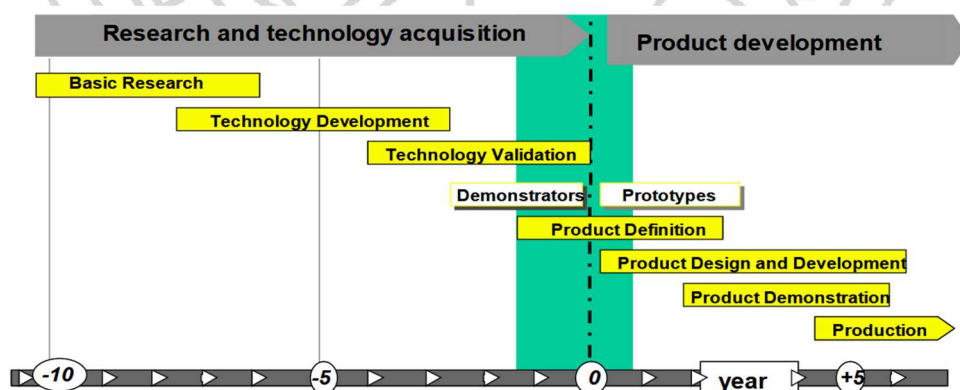
¹⁰⁶ Primera radi, u transportnom sistemu Nemačke, eksterni troškovi vazdušnog saobraćaja iznose 0.7 Eurocenti/pkm; za železnicu su 1.1 Eurocent/pkm i drumski prevoz od 1.6 Eurocenti/pkm.

Projekcije ICAO-a –Slika 3, pokazuju da se očekuje da će se flota komercijalnih vazduhoplova povećati na oko 47.500 do 2036. godine, od čega će više od 44.000, ili 94% vazduhoplova, biti na osnovama tehnologije nove generacije.



Slika 3. ICAO procena potreba za komercijalnim vazduhoplovima (ICAO,2010) [1]

Tehnološka poboljšanja su moguća na konstrukciji vazduhoplova, na pogonskoj grupi-motorima i na ostalim sistemima vazduhoplova. Integracija različitih tehnoloških elemenata u vazduhoplov je ključnog značaja za razvoj čemu se mora posvetiti posebna pažnja još u početnoj fazi razvoja projekta-ilustracija na Slici 4. Proizvođači vazduhoplova su napravili značajne tehnološke pomake u postizanju *ekoloških prednosti*, uz progresivnu integraciju *novih materijala* i sistema, što omogućava značajno smanjenje težine i poboljšanja u aerodinamici.



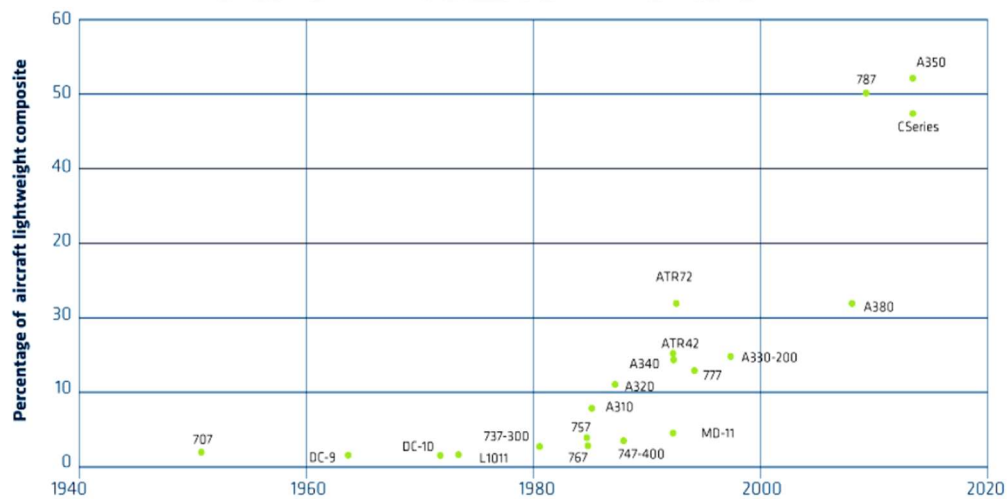
Slika 5. Shematični prikaz faza razvoja vazduhoplova [4]

2.2 Masa vazduhoplova

Upotreba lakših materijala i smanjenje težine naročito neesencijalnih komponenti dovodi do značajnog smanjenja potrošnje goriva. Težina konstrukcije vazduhoplova je oko 50 % ukupne

njegove težine. Smanjenje mase praznog aviona (OEM-Operational Empty Mass) povećava prostor za povećanje korisnog tereta (*payload*), a time i ekonomiju doleta. Upotreba naprednih, lakših i jačih materijala u komponentama konstrukcije aviona, kao što su aluminijske legure, legure titana i *kompozitni* materijali, kao i tehnologija njihove ugradnje, može smanjiti masu aviona, čime se smanjuje potrošnja goriva i pripadajuće emisije CO₂.

Primena novih materijala u okviru *kočionih sistema* vazduhoplova, gde zamena postojeće kočione konstrukcije kompozitnom, smanjuje masu vazduhoplova za 250kg u slučaju većih vazduhoplova. Takođe, ako se tome doda i *napredni sistem upravljanja* kočenjem prilikom rulanja po sletanju, doziranjem kočione sile-uzimajući u obzir stanje PSS i stacionažu izlaznice, znatno se smanjuje vreme zadržavanja vazduhoplova na PSS, a time utiče na povećanje kapaciteta PSS. Na slici 6 dat je prikaz procentualnog udela lakih kompozitnih materijala po tipovima aviona (TP-38, 2010, ATAG 2010)

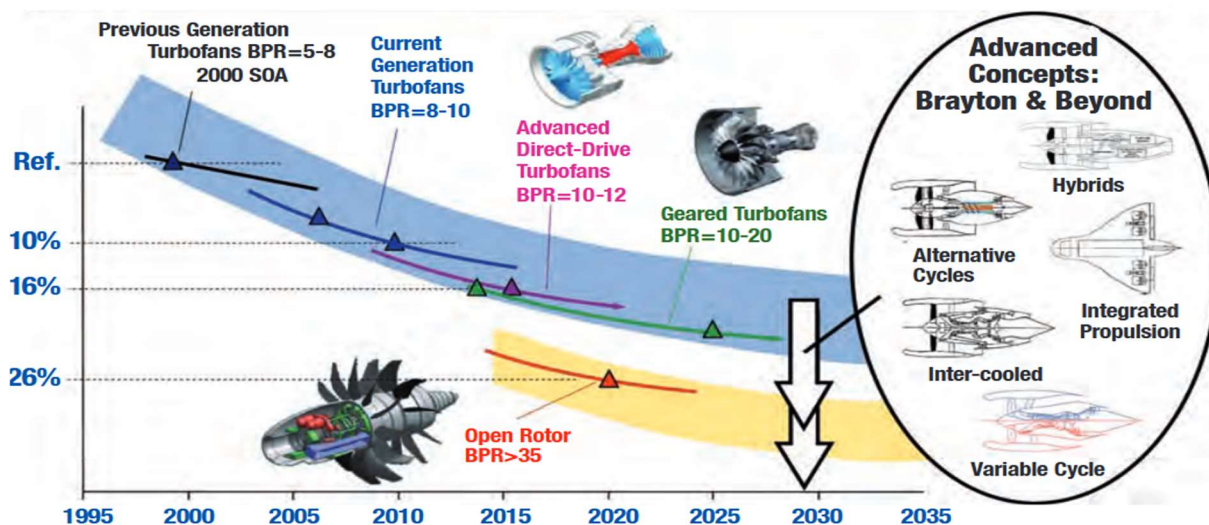


Slika 6. Udeo lakih kompozita u konstrukciji aviona [4]

2.3. Aerodinamika

Smanjenje otpora kretanja vazduhoplova direktno utiče na potrošnju goriva. Niz aerodinamičkih poboljšanja dovelo je do efekta smanjene potrošnje goriva: od oblikovanja završetka krila do povećanja laminarnosti prestrujavanja (*Natural and Hibrid Laminar Flow Technology*).

2.4 Pogonska grupa-motori



Slika 7. Evolucija razvoja pogonske grupe (TP-38, 2012) [3]

Pogonska grupa vazduhoplova je veliki izazov u naprednim tehnologijama: proizvesti što lakše, što tiše i što ekonomičnije motore-osnovni je zadatak koji tehnologija treba da reši. Na slici 7, data je ilustracija evolucije razvoja pogonske grupe. Glavni istraživački napor su usmereni ka sledećim oblastima-temama: API-Aircraft-Propulsion Integration, GTE-Gas Turbine Engines, TP-Turboelectric Propulsion i SAJF- Sustainable Alternative Jet Fuels (NAP, 2016).

2.5 Novi koncepti razvoja vazduhoplova

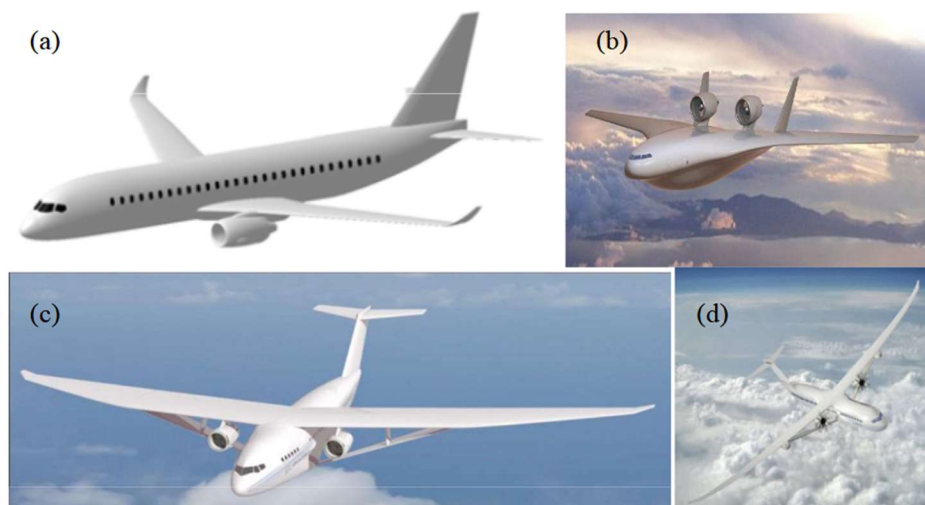
Novi koncepti razvoja flote komercijalnih vazduhoplova pojavljuju se kako u okviru podzvučne avijacije, tako i na području nadzvučne¹⁰⁷. U domenu podzvučne avijacije (*subsonic aviation*) posebno je zanimljiv program NASA "N+3" sa vrlo ambicioznim ciljevima razvoja vazduhoplova do 2035. godine (Scott, et al., 2011):

- Smanjenje za 71 dB buke u odnosu na sadašnje FAA standarde;
- Smanjenje od oko 75 % (CAEP / 6), standarda za emisije NO_x;
- Smanjenje potrošnje goriva za oko 70%, što bi moglo smanjiti emisije GHG_s i sniziti troškove putovanja
- upotreba koncepta *metroplex* koji omogućava optimalno korišćenje poletno-sletnih staza aerodroma u „metropolitan područjima“ (multiport system) što posledično utiče na smanjenje saobraćajna zagušenja i kašnjenja.

Niz relevantnih proizvođača, udruživanjem znanja i iskustava, radi na nizu projekta iz ove oblasti. Tako na primer, kompanija Boeing, na osnovu baznog modela B737-800, razvija

¹⁰⁷ Zbog niza problema tehničko-tehnološko-ekološke prirode, još uvek se ne očekuje pojava nadzvučnih komercijalnih vazduhoplova u dogledno vreme, ali su istraživanja u toku (NASA program), pa se ovim delom u radu ne bavimo.

koncepte: (a) Refined SUGAR¹⁰⁸, (b) SUGAR High, (c) SUGAR Ray i (d) SUGAR Volt-Slika 8.



Slika 8. Boeing N+3 program [6]

Izdavajamo i istraživanje MIT (Massachusetts Institute of Technology): razvoj koncepata D serija “Double Babble”- i H serija “Hybrid Wing Body”. Slika 9.



Slika 8. MIT N+3 program: D-serija (levo), H-serija (desno) [6]

Seriya D se zasniva na osnovi B737-800, gde se udvajanjem trupa formira “lifting body” čime se daje doprinos gore formulisanim ciljevima N+3 programa, a serija H se zasniva na osnovi B777-200LR, koji bi dao svoj doprinos na dugim relacijama .

3. ZAKLJUČAK

U radu su obrađeni glavni pokretači razvoja civilnog vazduhoplovstva. Tehnološki razvoj komercijalnih vazduhoplova zasniva se na *povezivanju*, pre svega, znanja i svih drugih resursa. Vazduhoplovi budućnosti (ne tako daleke) odlikovaće se nizom karakteristika koje će doprineti očuvanju odživog razvoja sistema vazdušnog saobraćaja. Sistem se razvojno tretira kao celina, u okviru koje se od svakog njenog (integralnog) dela očekuje doprinos u dostizanju

¹⁰⁸ SUGAR-Subsonic Ultra Green Aircraft Research

ciljeva održivog razvoja, generalno. Suma “malih” pomaka, doprinosi ukupnom pomaku, što je u radu prikazano po pojedinim segmentima.

REFERENCE:

- [1]ICAO Environmental Report, Aircraft Technology Improvements, 2010
- [2]EAER-European Aviation Environmental Report, 2019
- [3]The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank:Transport Papers, *Air Transport and Energy Efficiency*, TP-38, Feb.2012.
- [4]National Academy Press : *Aeronautical Technologies for the Twenty-First Century*, Washington, D.C. 1992
- [5]National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research: Reducing Global Carbon Emissions. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23490.
- [6]Scott W. A. (et al.):*Review of Propulsion Technologies for N+3 Subsonic Vehicle Concepts*, NASA/TM—2011-217239.

