

NEW TRENDS IN AIRCRAFT DESIGN

NOVÉ TRENDY V KONŠTRUKCII LIETADIEL

Mária Jabrocká

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
jabrocka@stud.uniza.sk

Martin Bugaj

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

Abstract

Automation, robotic, unconventional arrangement hydrogen are the hallmarks of new trends in aircraft design. The implementation of hydrogen fuel in aircraft appears to be one of the biggest advances in the near future. Automation in aircraft control is based on the reduction of runway requirements. Among the main conclusions of the paper we include the finding that the aircraft does not have to have a classic conventional arrangement of vertical tail surfaces in order to achieve static/dynamic stability of the aircraft. The complexity of the elements of the aircraft stability and flight control system is directly depended on the weight of the aircraft. Upcoming trends in aircraft design should only based on existing concepts.

Keywords

aircraft design, aerodynamics elements, Mach number

1. Úvod

Nové trendy v konštrukcii lietadiel zahŕňajú nové koncepčné usporiadanie draku lietadla, implementáciu vodíkových palív, elektrické sofistikované riadenie vzletu a pristátia. Súčasne pojmom môžeme demonštrovať prepracovanejšie aerodynamické prvky usmerňovania prúdu vzduchu. Primárnym cieľom nášho skúmania je zameranie sa na koncepciu zmiešaného krídla-Blended Wing Body, aerodynamické vlastnosti koncepcie, vlastnosti stability a riadenia, záloha stability. Sekundárnym cieľom skúmania je porovnanie výhod a nevýhod konštrukčných riešení a zhodnotenie potenciálne využiteľných konštrukčných riešení z hľadiska strednodobého a dlhodobého.

2. Súčasný stav riešenej problematiky

Do „zlatého veku letectva“ výrazne zasiahla svetová pandémia. Väčšina spoločností pri konštrukčnom návrhu lietadla musí disponovať finančnými prostriedkami, ktoré závisia od finančnej podpory štátu, alebo individuálnych sponzorov projektu. Spoločnosti disponovali finančnými investičnými vkladmi, ktoré mali zabezpečiť premenu koncepčného návrhu na skutočnosť už pred vypuknutím svetovej pandémie(autor). Svetová pandémia zapríčinila zavádzanie nadštandardných hygienických opatrení spoločností[1]. Pri skúmaní našej oblasti práce sme sa s inými vplyvmi svetovej pandémie na nové trendy v konštrukcii lietadiel nestretli. Napriek tomu berieme na vedomie, že výraznejšie dopady mohli nastať(autor).

3. Koncepcia pre rôzne rýchlostné spektrá

V našom predmete skúmania pojmom „Nové trendy v konštrukcii lietadiel“ rozumieme akékoľvek konštrukčné usporiadanie lietadla, ktoré sa bude výrazne odlišovať od klasického konvenčného usporiadania lietadiel. Nové trendy v konštrukcii lietadiel môžeme rozdeliť na:

1. nosná plocha,
2. rotačné teleso,
3. hybridné lietadlá v kombinácii vodíkových článkov a batériového zdroja energie,
4. elektrické lietadlá(autor).

Väčšina z vyššie spomenuté trendov sa už v minulosti objavila na trhu. Koncepčné riešenie, prstencová konfigurácia nosných plôch je stále len v procese vývinu. Presné vymedzenie nových trendov v konštrukcii lietadiel pre rýchlostné spektrum nie je možné (autor).

Príkladom nadviazania riešenia konštrukčného usporiadania draku lietadla od spoločnosti Boeing je lietadlo Airbus A300-600ST a A330-700 Beluga Extra Large [2].



Obrázok 1: Vývoj konštrukčného riešenia Beluga XL. Zdroj: [2].

Blended Wing Body

Primárna idea pre kapacitu pozostávala z počtu 555 sedadiel, za dosiahnuteľnej rýchlosti $M=0,85$, pri dolete 15 000 km a plošnou záťažou 66,4 t[3]. Konceptia zmiešaného krídla výrazne redukuje hluk, spotrebu paliva a znižuje odpor[4].

Celkovú konštrukciu generácie lietadiel BWB môžeme kategorizovať na:

1. pretlakovú kabínu,
2. vnútorné krídlo,
3. vonkajšie krídlo[5].

Rozhodujúcimi prednosťami koncepcie BWB sa stali vyšší pomer vztaku, odporu a výhodné centrovanie plošnej záťaže úmernej dĺžke vzdialenosti koncov krídel. Charakteristické uloženie motorov zabezpečuje zníženie hlučnosti samotného lietadla[3]. Konceptia zmiešaného krídla disponuje zálohou statickej stability pri klopení a zatáčaní[6]. Záloha statickej stability koncepcie BWB sa pohybuje na hodnote 18%. Konceptia disponuje dobrou dynamickou stabilitou v pozdĺžnom a priečnom smere[7] [10].

3.1. Konceptia pre subsonické rýchlostné spektrum

Rýchlostné spektrum zahŕňa klasické konvenčné a nákladné lietadlá. Čím je konštrukcia trupu lietadla vystavená väčšiemu hmotnostnému zaťaženiu, tým si vyžaduje zvýšenú stabilitu draku lietadla. Zvýšenie stability lietadla môže byť docielené kýlom, kormidlami, vhodnou decentralizáciou záťaže, posunom CG lietadla apod. Lietadlá v subsonickom rýchlostnom spektre sa nepohybujú transsonickou rýchlosťou, v dôsledku čoho zložka aerodynamického odporu bude vysoká. Všetky požiadavky na konštrukcie subsonického spektra sú stanovené vzhľadom na možné anomálie(autor).

Všetky vyššie spomenuté vlastnosti môžeme nájsť na konštrukčnom usporiadaní lietadla Beluga Extra Large(autor).

3.2. Konceptia pre transsonické rýchlostné spektrum

Transsonické rýchlostné spektrum má zvýšené požiadavky na riaditeľnosť a stabilitu lietadla. Poťah konštrukcie draku lietadla musí prenášať ohybové momenty. Dôraz sa kladie aj na konštrukčnú prepracovanosť draku lietadla, uplatnenie tvarovo a materiálovo stabilných prvkov. Zodpovedanie všetkých požiadaviek je vzhľadom na možné anomálie transsonického prúdu vzduchu(autor).

Vlastnosti lietadla pohybujúceho sa v transsonickej rýchlosti demonštruje lietadlo Blended Wing Body(autor).

3.3. Konceptia pre supersonické rýchlostné spektrum

Tvar konštrukcie lietadla je koncipovaný tak, aby konštrukčné usporiadanie draku lietadla zvyšovalo rýchlosť lietadla. Na dosiahnutie potrebnej rýchlosti lietadla vplyva celkové konštrukčné usporiadanie draku lietadla- prednej časti trupu, nosných a chvostových plôch. Prostriedky na horizontálnych stabilizátoroch majú znižovať vznik razových vír. Pohonná jednotka lietadla nesmie spôsobovať hluk v komore prídavného spaľovania. Treba brať na vedomie, že stanovenie požiadaviek

na konštrukciu sa odvíja od aerodynamického ohrevu konštrukcie(autor).

Spomenuté vlastnosti môžeme nájsť v koncepcii lietadla Lockheed Martin-X-59 a Boom Overture(autor).

3.4. Konceptia pre hypersonické rýchlostné spektrum

Väčšina lietadiel pohybujúcich sa v hypersonickom rýchlostnom spektre spadajú do kategórie vesmírnych lietadiel. Primárnou požiadavkou pre tieto lietadlá je dokonalá tvarová stabilita konštrukcie, vysoká výkonnosť pohonných jednotiek, vysoká aerodynamická čistota povrchu, materiál konštrukcie odolávajúci vysokým teplotám spôsobených aerodynamickým ohrevom. Naše tvrdenie je podložené všeobecným poznatkom, že čím je vyššia rýchlosť lietadla, tým musí byť zabezpečená vyššia manévrovateľnosť, a teda stabilita lietadla(autor).

Príkladom lietadla pohybujúceho sa v hypersonickom rýchlostnom spektre je Skylon. V minulosti experimentálnym vesmírnym lietadlom bol Rockwell, ktorý dosahoval hodnotu Machovho čísla 20[8].

4. Analýza súčasných a budúcich konštrukčných riešení

4.1. Súčasné konštrukčné riešenie

Airbus A320NEO je príkladom súčasného úzkotrupého lietadla, ktoré je možné využiť na krátke a stredne dlhé trate. Kapacita lietadla, usporiadanie trupu a inovované krídelká na konci krídla -sharklety zabezpečujú hlavné výhody konštrukčného riešenia draku lietadla. Na základe nášho skúmania vyhodnocujeme usporiadanie lietadla ako vhodné konštrukčné usporiadanie zodpovedajúce súčasným trhovým požiadavkám(autor).

4.2. Hybridné lietadlá

Vzhľadom na zvyšovanie miery ochrany životného prostredia sa implementácia vodíkových článkov javí ako vhodná alternatíva leteckého paliva. Pokiaľ budeme vychádzať zo všeobecnej charakteristiky elektrického prúdu – voľný tok elektrónov, potom môžeme povedať, že triedením molekúl na protóny a elektróny sa vo vodíkových článkoch vytvára elektrický prúd, ktorý zabezpečuje pohon rotora turbíny v lietadle Piper M350 (autor).

4.3. Elektrické VTOL lietadlá - Lilium

Elektrické spôsoby vzletu a pristátia výrazne redukovujú požiadavky na vertikálnu a vzletovú plochu, čím sa javia ako vhodnou investičnou oblasťou leteckého sektora. Tieto lietadlá disponujú krátkou prevádzkovou dobou, ktorá sa uvádza v minútach. Nevýhodou lietadiel je základná prázdna hmotnosť lietadla a veľký počet motorov(autor).

4.4. A320NEO a BWB

Pre objektívne zhodnotenie A320NEO a koncepcie Blended Wing Body vychádzame od interných vlastností konštrukcie až po vlastnosti ovplyvňujúce prevádzku letísk.

Tabuľka 1: Porovnanie špecifikácií A320NEO a BWB. Zdroj: [5], [9].

Špecifikácie	A320NEO	BWB
Kapacita	150-180	555
Maximálna rýchlosť	M=0,82	M=0,85
Cestovný dolet	6 300 km	14 816 km
Hmotnosť paliva	19 245 kg	60 000 kg
Maximálna vzletová hmotnosť	79 000 kg	187 000 kg

Tabuľka poukazuje na priamu závislosť hmotnosti lietadla na cestovnom dolete. Napriek tomu, že lietadlo má väčšiu dosiahnuteľnú rýchlosť letu, konštrukcia lietadla s kompozitným materiálmi nie je najľahšia. Usudzujeme tak na základe odčítania hmotnosti cestujúcich pri plnom obsadení lietadla, hmotnosti paliva a iných prevádzkových hmôt od maximálnej vzletovej hmotnosti lietadla(autor).

Tabuľka 2: Porovnanie výhod a nevýhod A320NEO a BWB. Zdroj: Autori.

Výhody A320NEO	Výhody BWB	Nevýhody A320	Nevýhody BWB
spotreba paliva	narrow-body	wide-body	počet okien
prevádzkové náklady	dolet	pohonné jednotky	mechanizácia krídel
konvenčné usporiadanie	nižšie CO ₂	finančná náročnosť	hmotnosť
ventilácia	nízka hlučnosť	systémy riadenia	zložitosť konštrukcie
inovované krídelká	ľahká konštrukcia	priestor v kabíne	časové hľadisko

Príliš vysoká hmotnosť lietadla nie je osožná pri pohybe lietadla po vzletovej a pristávacej dráhe letiska. Pohyb lietadla je pomalý a spôsobuje obsadenie dráhy na dlhšie časové obdobie(autor).

5. Záver

Nové trendy v konštrukcii lietadiel môžeme rozdeliť na: nosnú plochu, rotačné teleso, hybridné a elektrické lietadlá. Cieľom nášho skúmania bolo priblíženie koncepčného riešenia Blended Wing Body. Konštrukčné usporiadanie disponuje dostatočnou zálohou statickej/dynamickej stability. Rovnako sa nám podaril splniť sekundárny cieľ skúmania. Hlavnou výhodou konštrukčného usporiadania BWB je veľký dolet a MTOW. V porovnaní s A320NEO je konštrukcia priťažká, čo nie je žiaducim javom pre pohyb po vzletovej a pristávacej dráhe. Konštrukčné usporiadanie A320NEO má ľahšie konštrukčné usporiadanie draku lietadla. Súčasne treba prihliadať na úzkotrúpe riešenie trupu lietadla A320NEO. Koncepcia BWB nemá presné vymedzenie vstupu na trh. Hybridizácia lietadiel bude kontinuálne prechádzať od malých lietadiel až po veľké. Nízke nároky na vzletovú a pristávaciu dráhu sú dominujúcou výhodou elektrických lietadiel. Predpokladáme, že najdynamickejšie rozvíjajúce rýchlostné spektrum z dlhodobého hľadiska bude hypersonické. Zo strednodobého hľadiska, post-pandemickým požiadavkám trhu budú najlepšie zodpovedať konštrukčné riešenia subsonického rýchlostného spektra umožňujúce cargo prepravu.

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Výskum a vývoj využiteľnosti autonómnych lietajúcich prostriedkov v boji proti pandémie COVID-19, kód ITMS 313011ATR9, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Referencie

- [1] HEMMERDINGER, J. 2020. Supersonic start-ups on course for deliveries by mid decade[online] FlightGlobal. Dostupné na internete: <https://www.flightglobal.com/flight-international/supersonic-start-ups-on-course-for-deliveries-by-mid-decade/138429.article> (citované 2021-02-22).
- [2] CLARSSON, A. 2016. Next generation XL. In FLYGREVYN-Scandinavian Aviation Magazine.[online] 2016, roč., č. 1, [cit.2020-09-25] Dostupné na internete: <<https://flygrevyn.se/Airbus-Beluga.pdf>>
- [3] IKEDA, T. a BIL, C. 2006. Aerodynamic performance of a Blended-Wing Body Configuration Aircraft. In 25TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE AERONAUTICAL SCIENCE. [online] 2006, roč.25, [cit.2020-07-02]. Dostupné na internete: <http://www.icas.org/ICAS_ARCHIVE/ICAS2006/PAPERS/304.PDF>.
- [4] LIEBECK, R.H. 2004. Design of the Blended Wing Body Subsonic Transport. In Journal of Aircraft[online]. 2004, vol. 41, no.1 [cit.2020-12-16] Dostupné na internete: <https://pdfs.semanticscholar.org/a1f7/dfb931852a87d335cf0b061eebd1f20cd90e.pdf?_ga=2.18038201.1643184807.1612818410-422572974.1612818410>
- [5] ZHU, W.-FAN, Z.-YU, X. 2018. Structural mass prediction in conceptual design of blended-wing -body aircraft. In Chinese Society of Aeronautics and Astronautics &Beihang University. Chinese Journal of Aeronautics. [online]. 2019, roč. 32, č. 11 [2020-07-02]. Dostupné na internete: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936119303012?via%3Dihub>>
- [6] NASIR, R.E.M et al. 2016. A blended wing body airplane with close -coupled, tilting tail. In AEROTECH VI-Innovation in Aerospace Engineering and Technology [online]. 2016, vol. VI, no. 152 [cit.2020-12-14]. Dostupné na internete: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/152/1/012021/pdf>>
- [7] PAUDEL, S. et al. 2016. Aerodynamic Stability Analysis of Blended Wing Body Aircraft. In International Journal of Mechanical Engineering and Applications [online]. 2016, vol. 4, no. 4 [cit.2020-12-14]. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/304659471_Aerodynamic_and_Stability_Analysis_of_Blended_Wing_Body_Aircraft> ISSN 2330-0248.
- [8] PETRUSCU, F.I 2012. New Aircraft II: Sabre on course to chill SKYLON into orbit By James Holloway. USA:2012. 179s. ISBN 978-1-4783-5508-3.
- [9] Airbus S.A.S. 2021. A320neo[online] 2021. Dostupné na internete: <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320neo.html>(citované 2021-02-06)
- [10] Bugaj, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. 1. vyd. - Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.