

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2025

PAVEL GIL

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zlepšení odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník

Pavel Gil

Bakalářská práce

2025

Prohlašuji:

Práci s názvem Zlepšení odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Pavel Gil

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavel Gil**
Osobní číslo: **D22159**
Studijní program: **B0716P040001 Technika, technologie a řízení letecké
dopravy**
Téma práce: **Zlepšení odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník**
Zadávající katedra: **Katedra letecké dopravy**

Zásady pro vypracování

Bakalářská práce se bude zabývat odvětrávacím systémem pro minimalizaci kondenzace a námrazy zevnitř kabiny v zimních podmínkách. Práce bude obsahovat:

- analýzu současného stavu odvětrávání
- popis problému vzniku kondenzace a námrazy
- porovnání odvětrávacích systémů s jinými kluzáky
- návrh na zlepšení odvětrávání

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce:

35-45
3-5
tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:
Dle pokynů vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Frynta**
Katedra letecké dopravy
Datum zadání bakalářské práce: 24. února 2025
Termín odevzdání bakalářské práce: 12.května 2025

L.S.

doc. Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D.
děkan

Ing. Michaela Ledvinová, Ph.D.
pověřená vedením katedry

V Pardubicích dne 25. února 2025

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Jiřímu Fryntovi a konzultantovi Tomáši Charvátovi za jejich odborné vedení a cenné rady, které mi poskytli během zpracování této práce. Poděkování také patří mé mamince za její podporu a povzbuzení.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou a návrhem vylepšení odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník. Cílem bylo identifikovat nedostatky stávajícího systému, zejména v zimních podmínkách, a navrhnout technická opatření pro snížení kondenzace a vzniku námrazy. Práce vychází z porovnání s modernějšími kluzáky a vlastního testování. Návrhy zohledňují omezení konstrukce a kladou důraz na jednoduchost a bezpečnost.

Klíčová slova

ventilace, kondenzace, námraza, kluzák, technické řešení

Title

Improvement of the ventilation system of the L-13 Blaník glider

Annotation

This bachelor thesis focuses on the analysis and improvement of the ventilation system in the L-13 Blaník glider. The aim was to identify the shortcomings of the current system, especially under winter conditions, and to propose technical measures to reduce condensation and icing. The work is based on a comparison with more modern gliders and practical in-flight testing. The proposed solutions consider structural limitations while emphasizing simplicity and operational safety.

Keywords

ventilation, condensation, icing, glider, technical solution

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Úvod.....	10
1 Princip ventilace vzduchu.....	11
2 Fyzikální principy vzniku námrazy	12
2.1 Kondenzace a desublimace vodní páry.....	12
2.2 Vliv teplotních rozdílů.....	13
2.3 Vlhkost.....	13
3 Historie, popis a specifikace kluzáku L-13 Blaník.....	14
3.1 Stávající ventilační systém L-13.....	15
3.1.1 Popis současného přívodu vzduchu	16
4 Porovnání s jinými kluzáky	17
4.1 L-23 Super Blaník.....	17
4.2 Duo Discus.....	18
5 Identifikace problémových oblastí	20
5.1 Tvorba kondenzace a potenční námrazy.....	21
5.2 Proudění vzduchu v hangáru za statických podmínek.....	21
5.3 Popis testování	22
5.3.1 Použitá měřicí technika.....	22
5.3.2 Průběh testování.....	22
5.3.3 Slabá místa ventilace kluzáku L-13 Blaník	24
6 Analýza výsledků testování.....	25
6.1 Ústup kondenzace při různých konfiguracích větracích otvorů	25
6.2 Vliv větráku a vyhřívacího pásku na kondenzaci – přehled výsledků.....	28
7 Technické údaje použitých zařízení	30
8 Návrh a řešení pro zlepšení větracího systému	31
8.1 Nové umístění větracích otvorů nebo jejich úprava	31
8.2 Použití aktivního/pasivního odmlžování	33
8.3 Možné výhody a nevýhody navrhovaných řešení.....	35
8.4 Technická a ekonomická analýza navrhovaných řešení	36
8.4.1 Výpočet elektrického zatížení větráku a vyhřívacího pásku	37

9	Možnosti implementace ventilačních systémů kluzáků L-23 a Duo Discus	39
9.1	Implementace L-23 Super Blaník	39
9.2	Implementace Duo Discus	40
10	Omezení a limity výzkumu	43
10.1	Návrhy na další výzkum	43
	Závěr	45
	Seznam literatury	46
	Přílohy	49

Seznam obrázků

Obrázek 1: L-13 Blaník ve vlastnictví aeroklubu Vysoké Mýto	14
Obrázek 2: Čelní ventilační klapka L-13 Blaník	15
Obrázek 3: Větrání pilotní kabiny L-13 Blaník	16
Obrázek 4: Větrání pilotní kabiny L-23 Super Blaník.....	18
Obrázek 5: Kluzák Duo Discus	19
Obrázek 6: Kondenzace nad palubní deskou při použití větráku	23
Obrázek 7: Po použití větráku Obrázek 8: Před použitím větráku	26
Obrázek 9: Fotografie testu v čase 12:49 při otevřených větracích otvorech.....	27
Obrázek 10: Umístění vyhřívacího pásku.....	29
Obrázek 11: Fotografie znázorňující možné zabudování dalších větracích klapek.....	31
Obrázek 12: Návrh na instalaci kanálů na současnou ventilační konstrukci pro lepší směrování vzduchu na kritická místa	32
Obrázek 13: Návrh na utěsnění bočního otvoru vnitřní konstrukce čelní ventilace kluzáku L-13 Blaník.....	33
Obrázek 14: Fotografie se zaznamenanými skutečnými hodnotami odběru elektrického napětí a proudu	38
Obrázek 15: Vzduchové štěrby větracího systému L23 Super Blaník	39
Obrázek 16: Posuvné okénko s vestavěným sklopným okénkem L-23 Super Blaník.....	40
Obrázek 17: Ventilační klapka s ovládací pákou kluzáku Duo Discus	41
Obrázek 18: Otevřená ventilační klapka osazená jemnými chlupy kluzáku Duo Discus	42

Úvod

Ventilace v kluzácích je základním a klíčovým prvkem konstrukce v těchto letadlech. L-13 Blaník je dosud velmi rozšířeným kluzákem a jedním z problémů, se kterým se piloti na tomto kluzáku setkávají, je tvorba námrazy a kondenzace kvůli hromadění vlhkého vzduchu ve vnitřní části kabiny. Děje se tak zejména v zimních podmínkách, kdy teplotní rozdíly na vnitřní a vnější části kabiny jsou dostatečně kritické na to, aby se v kabině vytvořila kondenzace nebo vrstva ledu. Tento jev, který vzniká kvůli nahromaděné vlhkosti vydechované a vypařované pilotem, snižuje komfort letu a ohrožuje bezpečnost provozu. Současný ventilační systém nedokáže dostatečně odvádět teplý a vlhký vzduch z kabiny, což vede ke kondenzaci na chladném povrchu plexiskla a následné tvorbě námrazy na vnitřní straně kabiny.

Tato bakalářská práce analyzuje současný větrací systém, především v přední části kabiny a navrhuje řešení pro zlepšení ventilačního systému kluzáku L-13 Blaník, která by mohla přispět k účinnějšímu odvětrávání, a která by minimalizovala kondenzaci a tvorbu námrazy. V rámci této práce bude provedena analýza současného systému ventilace. Dále bude navrženo alternativní řešení ventilace, které by mohlo zahrnovat nové rozmístění ventilačních otvorů, jako jsou pasivní i aktivní odmlžovací prvky, nebo směřování vzduchu na kritická místa kabiny. Navržené varianty budou následně porovnány z hlediska účinnosti, proveditelnosti a dopadu na letové vlastnosti kluzáku.

Výsledky této práce mohou být využity jako podklad pro modernizaci stávajících kluzáků L-13 Blaník, případně mohou inspirovat další vývoj ventilačních systémů u novějších typů kluzáků. Získané poznatky mohou také přispět ke zlepšení komfortu pilotáže v náročných klimatických podmínkách, což je klíčové jak pro rekreační, tak pro výcvikové létání.

1 Princip ventilace vzduchu

Větrání vzduchu funguje na principu výměny mezi vnitřním a vnějším prostředím. Základním mechanismem přirozené ventilace je rozdíl v teplotě a tlaku mezi vzduchem uvnitř kabiny a teplotou okolního vzduchu. Teplejší vzduch má nižší hustotu a stoupá vzhůru, zatímco studený vzduch, který je hustší a těžší, klesá dolů. Tento jev vytváří přirozenou cirkulaci vzduchu. Pokud je ventilace založena čistě na přirozeném proudění, může být méně účinná, zvláště při malých teplotních rozdílech¹. Je však důležité zdůraznit, že v moderních letadlech přirozená ventilace nehraje hlavní roli. Zde je ventilace zajišťována spíše mechanickými systémy například klimatizačními jednotkami, které aktivně kontrolují proudění vzduchu, teplotu, tlak, vlhkost a jeho složení. Tento řízený systém přizpůsobuje a zaručuje stálou kvalitu vzduchu aktuálním podmínkám a potřebám posádky i cestujících.²

¹ *Vzduchotechnika – funkce větrání* [online]. Trigas.cz, [cit. 19. 3. 2025]

² STAVOVČÍK, Boleslav. *Všeobecné znalosti letounů: učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A) dle předpisu JAR-FCL 1 (část 20). Díl 1*. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-245-9.

2 Fyzikální principy vzniku námrazy

Námraza je jedním z meteorologických prvků v letectví a je to velmi nežádoucí jev, který dokáže ovlivnit bezpečnost letového provozu. Setkáváme se s ní nejčastěji za letu zejména na náběžných hranách křídel, na ocasních plochách, čelních sklech a dalších důležitých částech letadla, která jsou vystaveny nabíhajícímu proudu vzduchu, ale také se může tvořit i na zemi, kde může dojít k zamrznutí mechanických systémů na křídlech. V tomto případě námraza zhoršuje aerodynamické vlastnosti letadla, zvyšuje odpor a hmotnost. Za vznik námrazy jsou zodpovědné okolní faktory jako je například teplota vzduchu a povrchu, na kterém námraza vzniká, relativní vlhkost vzduchu, a oblačnost.³

2.1 Kondenzace a desublimace vodní páry

Proces kondenzace vodní páry nastává, když se vodní pára ve vzduchu setká s povrchem, jehož teplota klesne pod teplotu rosného bodu. V tomto případě se pára mění na kapalinu, což vede ke kondenzaci, která se může projevit tvorbou malých kapek na chladných površích. Při ještě nižších teplotách však může dojít k desublimaci, kdy se vodní pára přímo mění na pevnou fázi ledu bez přechodu přes kapalnou skupenství.

V kabině letadla vodní pára vzniká v důsledku činnosti člověka jako je dýchání a pocení. Pokud je vzduch intenzivně větraný, zůstává sušší a riziko kondenzace se snižuje. Naopak omezení větrání vede k vyšší relativní vlhkosti, což zvyšuje pravděpodobnost, že se vodní pára na chladném povrchu zkapalní a případně zmrzne.

Vznik námrazy úzce souvisí s vlhkostí vzduchu, protože se tvoří kondenzací nebo desublimací vodní páry. Při extrémně nízkých teplotách však může vodní pára přejít přímo do pevného skupenství procesem desublimace, aniž by nejprve zkapalnila. Tento jev se nejčastěji vyskytuje ve vyšších nadmořských výškách při průletu oblačností nebo mlhou v chladném počasí, kdy jsou molekuly těchto srážek podchlazené a s kombinací podchlazeného povrchu letadla vytváří tyto dva faktory ideální prostředí pro vznik námrazy.⁴

³ SAHRAI, Daniel. *Nebezpečné meteorologické jevy: Námraza I* [online]. AirGuru.cz, 15. 12. 2021 [cit. 20. 3. 2025].

⁴ DAKEA, *Kondenzace vodní páry na oknech* [online], [cit. 1. 4. 2025]

2.2 Vliv teplotních rozdílů

Rozdíl teplot okolního vzduchu a předmětů má významný vliv na tvoření námrazy. Čím větší je teplotní rozdíl mezi předmětem a ovzduším, tím vyšší je pravděpodobnost, že dojde ke vzniku námrazy. V praxi to vypadá tak, že vodní pára kondenzuje na povrchu, a pokud je povrch dostatečně podchlazený, tak se zkondenzovaná voda začne přeměňovat do pevné látky - led. Když u našeho případu kluzáku L-13 Blaník vlhký vzduch v kabině narazí na podchlazený povrch, dochází ke kondenzaci, tedy přeměně vodní páry na kapalinu. Při velmi nízkých teplotách, zejména v zimě ve větších výškách může vodní pára přejít rovnou do pevného skupenství procesem desublimace, aniž by nejprve zkondenzovala.⁵

2.3 Vlhkost

Důležitou podmínkou pro vznik námrazy je dostatečná vlhkost vzduchu, která se často transformuje do pevného nebo kapalného skupenství, díky kterému vznikají oblačnosti anebo srážky. S rostoucím objemem vlhkosti v atmosféře můžeme očekávat vyšší pravděpodobnost tvorby námrazy, protože malé kapky nebo krystaly ledu dopadající na různé předměty mohou při dostatečně nízké teplotě přimrznout k jejich povrchu a vytvořit tak ledovou vrstvu. Pro určení objemu vodní páry v atmosféře používáme dva základní údaje.

Prvním údajem je relativní vlhkost vzduchu. „*Relativní vlhkost se udává v procentech a znamená, kolik vodní páry z celkově možného je obsaženo v daném objemu vzduchu.*“ Druhým údajem je absolutní vlhkost, která udává hmotnost vodní páry v jednom metru krychlovém. V praxi říkáme, že vzduch je nasycený, pokud jeho relativní vlhkost dosáhne 100 %. To znamená, že teplota vzduchu odpovídá teplotě rosného bodu, což se může projevit například vznikem oblačnosti nebo mlhy. Rosný bod tedy označuje teplotu, při které vzduch dosáhne plného nasycení vodní párou.

Ve chvíli, kdy se v kabině vytvoří vlhkost a není dostatečně regulována, může narušit výhled z kabiny, což výrazně ovlivňuje bezpečnost a komfort posádky. Kondenzace vodní páry na sklech způsobuje zamlžení nebo i v nižších teplotách námrazu, která snižuje viditelnost a vyžaduje její eliminaci.⁶

⁵ KRÁLOVÁ, Magda. *Námraza* [online]. Eduportál Techmania, [cit. 5. 4. 2025]

⁶ HARAŠTA, Ivan. *Učebnice pilota: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vyd. Cheb: Svět křídel, 2003. 613 s. ISBN 80-85280-89-2.

3 Historie, popis a specifikace kluzáku L-13 Blaník

Vývoj kluzáku L-13 Blaník probíhal od roku 1954 v pražském Výzkumném a zkušebním leteckém ústavu (VZLÚ) pod vedením konstruktéra Karla Dlouhého. První dva prototypy byly dokončeny v roce 1956, přičemž v březnu téhož roku byl jeden z nich úspěšně zalétán. Sériová výroba byla zahájena v roce 1957 v podniku LET Kunovice. Sériová produkce podniku LET Kunovice vyrobila přes 2 616 kusů, které byly exportovány do více než 40 zemí.⁷ V letech 1981–1982 následovala menší série modernizované verze L-13A s pevnější nosnou konstrukcí.

Blaník si i dnes zachovává své místo ve výcviku pilotů díky svým příznivým letovým vlastnostem a vysoké odolnosti vůči chybám začínajících pilotů. Konstrukce křídla s mechanizací a zatahovacím podvozkem umožňuje efektivní osvojení základních letových dovedností a přípravu na přechod k motorovým letounům. Tento kluzák (viz obrázek 1), se osvědčil jako univerzální a spolehlivé letadlo, které i po desítkách let od ukončení výroby zůstává součástí flotil leteckých škol po celém světě.⁸



Obrázek 1: L-13 Blaník ve vlastnictví aeroklubu Vysoké Mýto⁹

⁷ KHOL, Miroslav. *Blaník slaví šedesát: Příběh druhého prototypu* [online]. Flying Revue, 30. 8. 2018 [cit. 9. 4. 2025].

⁸ ORLITA, Michal. *Historie větroně L-13 Blaník* [online]. Orlita.net, [cit. 10. 4. 2025].

⁹ DIEPOLDOVÁ, Petra, *L-13 Blaník ve vlastnictví Aeroklubu Vysoké Mýto* [fotografie], Vysoké Mýto: Aeroklub Vysoké Mýto, 12. 4. 2025.

3.1 Stávající ventilační systém L-13

Tento kluzák byl vyvinut v padesátých letech minulého století a konstrukce stávajícího odvětrávacího systému odráží tehdejší technologické možnosti a principy. Systém nemá integrované aktivní prvky jako jsou například lopatkové větráky, díky kterým by byla regulace vzduchu v kabině efektivnější. Je tedy založen na přirozené cirkulaci vzduchu a pasivních prvcích, jako jsou okénka umístěna v přední a zadní části kabiny, a mechanickému systému klapky v čelní části kabiny (viz obrázek 2), který umožňuje regulovat průtok vzduchu do kabiny pomocí stavěcího šroubu. Ventilace vzduchu v kabině tedy spoléhá na pečlivě umístěné větrací otvory, které byly v té době navrženy tak, aby optimálně distribuovaly proudění vzduchu. Konstrukteři však nezhlednili, že tato konfigurace nebude dostatečně účinná v zimních podmínkách.



Obrázek 2: Čelní ventilační klapka L-13 Blaník¹⁰

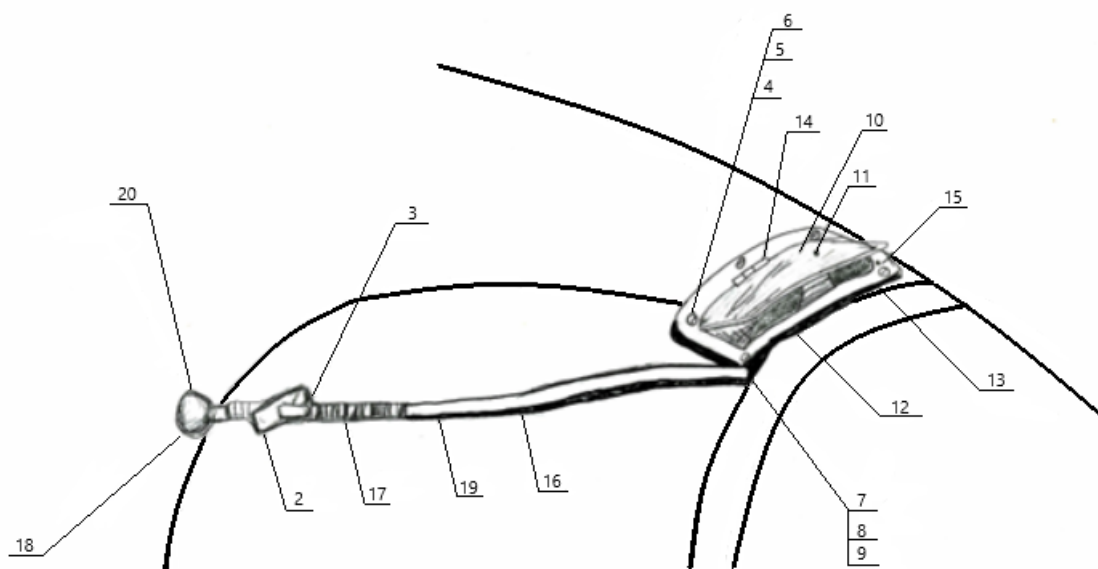
Vzhledem ke stárnoucí konstrukci a původní koncepci letadla byl ventilační systém navržen tak, aby minimalizoval konstrukční komplikace a zároveň zajistil základní úroveň větrání (viz obrázek 2 a obrázek 3). Nicméně, absence aktivních větracích systémů a nedostatečné konstrukční rozvržení větracích otvorů mohou vést k problémům při udržení optimální teploty a vlhkosti v kabině. Tento fakt se nejvíce projevuje zejména v zimních podmínkách, kdy se teplotní rozdíly

¹⁰ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

mezi interiérem a exteriérem stávají kritickými. Lze tedy předpokládat, že systém poukazuje na tehdejší standardy leteckého designu, kdy se důraz kladl na jednoduchost a spolehlivost, avšak ne vždy postačoval pro moderní požadavky na optimální vnitřní klima a prevenci kondenzace nebo námrazy.¹¹

3.1.1 Popis současného přívodu vzduchu

Na obrázku číslo 3 můžeme vidět, že větrání kabiny je zajištěno otvorem v přední části pevného štítu kabiny, do kterého je šroubem upevněn plechový rámeček s větrací klapkou. Klapka se otevírá směrem nahoru pomocí táhla, jehož rukojeť je umístěna na palubní desce předního pilotního prostoru. Táhlo je napojeno na páku, která je přinýtována ke klapce, a toto spojení umožňuje její pohyb. Táhlo prochází palubní deskou skrze vodítko, na němž je umístěno pérko, které zapadá do žlábků na ovládacím táhlu, čímž zajišťuje požadovanou polohu větrací klapky.



Obrázek 3: Větrání pilotní kabiny L-13 Blaník

Popis obrázku: 2. vodítko, 3. pružina, 4. čtyři šrouby, 5. čtyři matice, 6. čtyři podložky, 7. čep, 8. podložka, 9. pojistný špendlík, 10. klapka, 11. klapka, 12. páka, 13. těsnění, 14. stěžejka s drátem, 15. skříňka, 16. táhlo, 17. tyč, 18. rukojeť, 19. trubka, 20. stavěcí šroub.¹²

¹¹ ORLITA, Jiří. *L-13 Blaník* [online]. [cit. 15. 4. 2025].

¹² BLANÍK AIRCRAFT CZ s.r.o. *Technická příručka L-13 Blaník*. Blaník AIRCRAFT CZ s.r.o., 2017.

4 Porovnání s jinými kluzáky

U kluzáku L-13 Blaník je vhodné provést srovnání s konstrukčně vyspělejšími dvoumístnými kluzáky, jako jsou L-23 Super Blaník a Duo Discus. Tyto modernější typy již ve fázi návrhu zohledňují požadavky na efektivní cirkulaci vzduchu v kabině, a tím i účinnější regulaci teploty a vlhkosti.¹³

4.1 L-23 Super Blaník

L-23 je mladší verze kluzáku L-13 Blaník. Super Blaník byl vyvinut v osmdesátých letech minulého století a lze předpokládat, že je tato verze modernější. Výrobce těchto kluzáků vsadil na jednoduchost konstrukce, a proto má mladší verze velice podobnou konstrukci. Mimo jiné má tento kluzák i efektivnější odvětrávací systém.¹⁴ L-23 má sice lepší rozvržení ventilačních prvků, ale na základě videa¹⁵, které dokazuje vzniklou námrazu při letu, je modernější konstrukce větracího systému přesto nedostatečná při chladných podmínkách.

Klimatizace pilotní kabiny se skládá ze soustavy větracího systému (viz obrázek 4). Vzduch je přiváděn z nosu kluzáku prostřednictvím hadice a rozvodky, která je opatřena regulační klapkou, a která směřuje vzduch do větracích štěrbin. Tyto štěrbin jsou umístěny v palubní desce, odkud vzduch dále proudí do kabiny. Regulační klapka je ovládána pákou umístěnou na pravé straně předního pilotního prostoru.

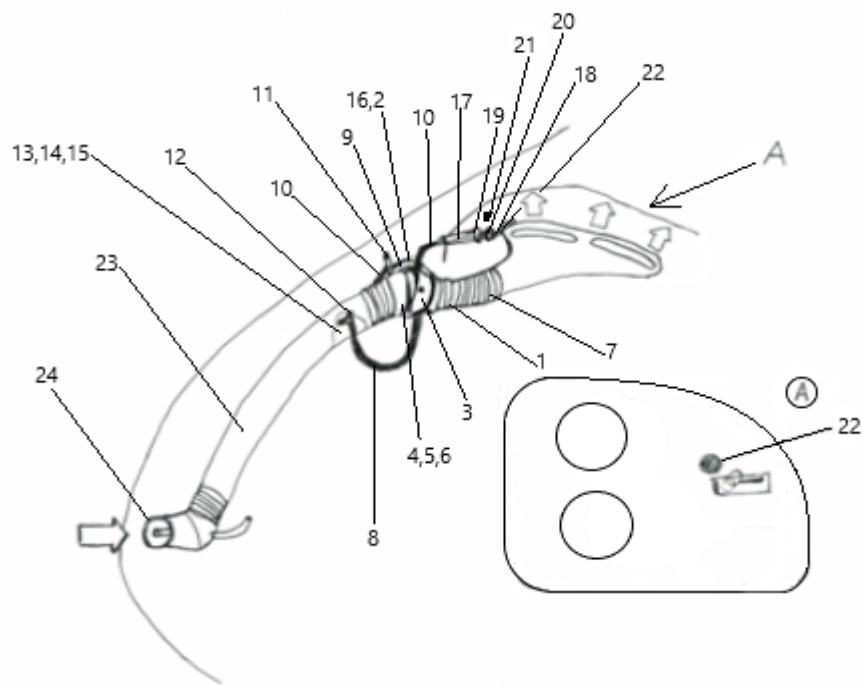
¹³ ORLITA, Jiří. *L-13 Blaník* [online]. [cit. 16.4. 2025].

HAO.cz. *Duo Discus XLT* [online]. [cit. 17.4. 2025].

BLANÍK AIRCRAFT CZ s.r.o. *Technická příručka L-13 Blaník*. Blaník AIRCRAFT CZ s.r.o., 2017.

¹⁴ HANÁCKÝ AEROKLUB OLOMOUC, *L-23 Super Blaník* [online], 31. srpna 2023 [cit. 17. 4. 2025].

¹⁵ CHARVÁT, Tomáš. *Winter at LKVM in L-23 Superblanik* [online video]. YouTube, 25:15 min, [cit. 20. 4. 2025].



Obrázek 4: Větrání pilotní kabiny L-23 Super Blaník

Popis obrázku: 1. rozvodka, 2. spojka, 3. těsnění, 4. šroub, 5. matice, 6. podložka, 7. hadice, 8. hadice bowdenová 1 m, 9. struna, 10. koncovka bowdenová, 11. vodítko, 12. přichytka, 13. šroub, 14. podložka, 15. matice, 16. šroub, 17. vedení, 18. táhlo, 19. podložka, 20. matice, 21. šroub, 22. rukojeť, 23. hadice, 24. koleno¹⁶

4.2 Duo Discus

Tento kluzák Duo Discus (viz obrázek 5) představuje modernější konstrukci v oblasti ventilace kokpitu. Na přední přístrojové desce se nachází malá černá páka, která umožňuje regulovat množství přiváděného vzduchu – jeho povytažením se otevře klapka ventilace a zatlačením uzavře. Kromě toho lze využít i dodatečné ventilační prvky, jako jsou průhledná vysunovací okénka plexiskla s integrovanou klapkou, která nabírá množství vzduchu podle úhlu vysunutí.

Ventilační systém je navržen tak, aby byl nejen účinný, ale i ergonomicky optimalizovaný. Přední větrací klapka je tvarovaná tak, aby proud vzduchu směřoval do všech důležitých oblastí a rovnoměrně ofukoval přední část kabiny. V této části funguje stoprocentně a efektivně eliminuje kondenzaci. Nicméně v zadní části kabiny vzduch proudící z čelní klapky částečně dosahuje pouze

¹⁶ LET k. p. Uherské Hradiště–Kunovice, *Provozně technická příručka kluzáku L-23 Super-Blaník. Kniha 1*, červen 1988.

na strany a mírně nad hlavu druhého pilota, což umožňuje pouze částečné omezení kondenzace v těchto oblastech.¹⁷

Z technického hlediska je tento systém navržen tak, aby byl intuitivní a snadno ovladatelný, což zvyšuje komfort pilotáže. Inspirací pro další řešení může být i celková koncepce modernizace kabin, kde se klade důraz nejen na efektivní proudění vzduchu, ale také na bezpečnost a pohodlí. V tomto kluzáku byla použita bezrámová kabina, což přispělo ke zlepšení komfortu, a zároveň byl navržen systém, který umožňuje přizpůsobovat ventilaci podle potřeb pilota.

Celkově lze říct, že ventilační systém Duo Discus je příkladem moderního řešení, které kombinuje snadné ovládání, nastavitelnost a ergonomii s cílem zajistit optimální mikroklima v kokpitu.¹⁸



Obrázek 5: Kluzák Duo Discus¹⁹

¹⁷ SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GMBH, *Duo Discus XL Flight Manual* [online], Kirchheim unter Teck: Schempp-Hirth, 2018, s. 7.2.4. [cit. 9. 4. 2025]

¹⁸ SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GMBH, *Duo Discus XL* [online], [cit. 11. 4. 2025]

¹⁹ HANÁCKÝ AEROKLUB OLOMOUC, *Duo Discus XLT* [online], [cit. 7. 5. 2025]

5 Identifikace problémových oblastí

V rámci bakalářské práce byla zdokumentována kondenzace v hangáru za chladných podmínek, kdy vznikly dvě varianty – první s jednou osobou v kabině a druhá se dvěma osobami. Dokumentace byla provedena na zemi, protože z technických důvodů nebylo možné zaznamenat kondenzaci nebo námrazu během letu, což by poskytlo nejpřesnější a nejrealističtější data. Je nutno uvést, že podmínky v hangáru jsou jiné než podmínky za letu. Lze tak aspoň z části uvést chování kondenzace v kabině.

Například důležitým faktorem je rozdílnost teplot, které se liší od podmínek za letu, a proto lze chování kondenzace v kabině částečně simulovat. Dalším důležitým prvkem je teplota, která se v hangáru přizpůsobuje rychleji než za letu; zimní podmínky lze simulovat, ale teplotní rozdíl není tak dynamický, a kondenzace není tak intenzivní, což snižuje pravděpodobnost vzniku námrazy.

Dalším zásadním faktorem je cirkulace vzduchu. Na zemi se musíme spoléhat na přirozenou ventilaci vzduchu která neumožňuje výraznou výměnu vzduchu, jako je tomu při letu. To vede ke vzniku míst, kde vzduch stagnuje a kondenzace se hromadí. Nelze také plně simulovat dynamické změny teplot, vliv aerodynamického proudění na ventilaci kabiny ani potenciální tvorbu námrazy, která se za letu, než na zemi může s vyšší pravděpodobností objevit.

Praktická část této práce je zaměřena výhradně na odvětrávání přední části kabiny dvoumístného kluzáku L-13 Blaník. Hlavním důvodem je skutečnost, že ve většině běžných letových situací, především při sólo letu, je obsazeno přední sedadlo. Ventilační systém v tomto typu kluzáku navíc směřuje proudící vzduch především na přední část kabiny, kde se nachází jediná aktivní větrací klapka. Z hlediska kondenzace se právě tato oblast ukázala jako nejproblematičtější, neboť vydechovaný vzduch pilota směřuje přímo na překryt kabiny před ním, kde se nejčastěji tvoří nežádoucí vlhkost nebo námraza. I když může být zadní část kabiny kondenzací částečně zasažena, nepředstavuje zásadní bezpečnostní riziko, protože při sólo letu není obsazena. Případná ztráta výhledu v této oblasti nemá přímý vliv na bezpečnost nebo průběh letu.

Pokud zohledníme scénář základního výcviku, kdy je kluzák L-13 Blaník používán pro výcvik začínajících pilotů, je třeba brát v úvahu, že i když zadní část kabiny může být zasažena kondenzací nebo námrazou, instruktor má stále možnost tuto situaci aktivně řešit. V případě výcviku, kdy je kabina obsazena instruktorem a žákem, je důležité si uvědomit, že instruktor sedí vzadu a má

možnost ovládat alespoň své vlastní okno v zadní části. I když by v případě kondenzace nebo námrazy mohl ztratit výhled, má na dosah ruky překryt, který by mohl od kondenzace nebo námrazy ošetřit.

Pro efektivnější odstranění kondenzace či námrazy by bylo vhodné, aby instruktor a žák před letem prošli školení o správném používání ventilačních prvků a odmlžovacích systémů. Tímto způsobem by instruktor mohl žáka vést k použití těchto prvků během letu podle potřeb instruktora, což by pomohlo maximalizovat účinnost odmlžování a prevenci námrazy i na zadním překrytu. Pokud by tato možnost nebyla realizovatelná kvůli nejistotě ze strany žáka, je možné umístit žáka na místo zadního pilota a instruktora na přední sedadlo, čímž by instruktor měl plnou kontrolu nad ovládáním čelní ventilace.

Pro přesnější zhodnocení zadní části by bylo nutné provést další letová měření při obsazení obou sedadel. Vzhledem k výše uvedeným důvodům byla tedy pozornost práce věnována přední části, kde je vliv kondenzace nejvýraznější a kde má zlepšení ventilace největší praktický význam.

5.1 Tvorba kondenzace a potencionální námrazy

V prvním testování vlhkost v celé přední části kabiny zkondenzovala do 10 minut. Ve druhém testování se dvěma osobami na palubě vlhkost v kabině zkondenzovala do 8 minut. Při prvním testu na začátku byla teplota ovzduší v kabině 4 °C a u druhého testu byla v kabině 6 °C.

Při úplné kondenzaci postupně vlhkost stoupla v první variantě na zhruba 60 % a u druhé varianty zhruba na 55 %. Lze tedy předpokládat, že při nižší teplotě plexiskla kabiny a vzduchu, by se z kondenzované páry stala vrstva ledu. Statické podmínky testu umožňují sledovat hromadící se vzduch a tím tak sledovat místa s minimálním prouděním.

Při testování se kondenzace nejvíce zdržovala v místech nad palubní deskou pod čelní klapkou větracího systému, která byla zavřená.

5.2 Proudění vzduchu v hangáru za statických podmínek

Vzhledem k testování na zemi byla cirkulace vzduchu závislá pouze na přirozené ventilaci a podmínkách v hangáru. Bez aerodynamických vlivů je proudění vzduchu omezené, což vede k hromadění vlhkosti většinou v horních částech kabiny, protože teplý vzduch stoupá vzhůru.

Hlavním rozdílem oproti letu je absence podtlaku v okolí větracích otvorů, který by za letu, díky rozdílnosti tlaku mohl zlepšit výměnu vzduchu v kabině. Tato skutečnost ovlivňuje efektivitu odvětrávání, což je důležité brát v úvahu při návrhu optimalizovaného systému ventilace.

5.3 Popis testování

Testování v rámci této bakalářské práce probíhalo na letišti ve Vysokém Mýtě. Předmětem testu byl větroň L-13 Blaník ve vlastnictví místního aeroklubu s registrační značkou OK-6304.

Experimentální měření probíhalo ve dnech 15. února a 16. března roku 2025.

5.3.1 Použitá měřicí technika

Pro testování byl vybrán základní teploměr a vlhkoměr (viz příloha A). Tento měřicí přístroj byl zvolen pro svou jednoduchou konstrukci, dostupnou cenu a praktičnost, jelikož kombinuje dvě měřidla v jednom zařízení.

5.3.2 Průběh testování

Při první variantě testování, která probíhala 15. února s jednou osobou v kabině, testující nastoupil na přední pozici, zavřel kryt kabiny a všechny větrací otvory. Test začal v 12:13, přičemž byla postupně zaznamenávána teplota a vlhkost vzduchu v kabině. Kondenzace na plexiskle postupně vzrůstala, až do doby 12:23, kdy byl již výhled z kabiny velmi omezený. Po úplné kondenzaci vzrostla vlhkost vzduchu v kabině na 70 %.

K eliminaci kondenzace byl ventilátor zapojen v čase 12:34 a současně byly otevřeny větrací otvory.

Druhá varianta testování probíhala 16. března, kdy byly v kabině dvě osoby. Postup testování byl stejný jako při první metodě. Test začal v 7:13, kdy byla opět zaznamenána počáteční teplota a vlhkost. Kondenzace na plexiskle se objevila přibližně po 8 minutách, tedy v 7:19. Po úplné kondenzaci vzrostla vlhkost vzduchu v kabině na 58 %. Podobně jako v první metodě byly aktivní prvky zapojeny pro eliminaci kondenzace a začalo se s postupným otevíráním větracích otvorů.

Výchozí teplotní podmínky pro první test byly následující: Počáteční teplota vzduchu v kabině činila 4 °C, přičemž vlhkost byla 53 %. U druhého testu byla počáteční teplota vzduchu v kabině 6 °C a vlhkost vzduchu 52 %.

Po vzniku kondenzace byly testovány aktivní komponenty, které by umožnily její omezení a odstranění.

Testování proběhlo ve dvou variantách, přičemž bylo sledováno chování kondenzace na plexiskle při různém obsazení kabiny. Výsledky ukázaly, že přítomnost více osob v kabině vede k rychlejší kondenzaci.

V prvním testu s jednou osobou došlo ke kondenzaci přibližně za 10 minut, zatímco ve druhém testu se dvěma osobami došlo ke kondenzaci již po 8 minutách. Po úplné kondenzaci vlhkost v kabině dosáhla 70 % v prvním testu a 58 % ve druhém testu. Rozdíl ve vlhkosti může být ovlivněn počátečními podmínkami, protože v prvním testování byla poloha měřidla postavena asi o 10 cm směrem vzhůru do prostorů, kde vzduch stagnoval.



Obrázek 6: Kondenzace nad palubní deskou při použití větráku²⁰

²⁰ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

5.3.3 Slabá místa ventilace kluzáku L-13 Blaník

Přestože test proběhl na zemi, a nikoliv v reálném letovém režimu, získané výsledky poskytují informace o slabých místech stávajícího pasivního ventilačního systému.

Během testování bylo zjištěno, že za chladných podmínek dochází k výrazné kondenzaci vodní páry na vnitřní straně plexiskla. Testování tedy poskytlo důkazy o tom, že i samotná kondenzace může ovlivnit výhled pilota z kabiny kluzáku.

Abychom ověřili, zda je možné tento stav zlepšit, byly během testování postupně otevírány větrací otvory. Tento jednoduchý zásah vedl k lepšímu proudění vzduchu, což mělo za následek částečné snížení kondenzace. Pro další zlepšení bylo implementováno jedno z možných řešení této práce – integrace aktivního prvku do palubního systému. Konkrétně byl do USB portu na palubní desce připojen malý větrák, který byl nasměrován přímo na přední část plexiskla (viz obrázek 6). Tato úprava výrazně zlepšila proudění vzduchu v kabině, což vedlo k efektivnější regulaci vlhkosti a k omezení rozsahu tvorby kondenzace na nejhorších místech, které zobrazuje obrázek číslo 7. Nicméně tato úprava neeliminovala veškerou kondenzaci usazenou na plexiskle.

6 Analýza výsledků testování

Po provedení praktických testů navržených ventilačních úprav bylo nutné vyhodnotit jejich účinnost a reálný dopad na ventilaci kabiny kluzáku L-13. Tato část se zaměřuje na podrobnou analýzu získaných dat, která byla shromážděna během testování.

Hlavním cílem bylo zjistit, jak efektivně jednotlivé úpravy přispívají ke snížení zamlžování a ojínění plexiskla, zlepšení proudění vzduchu v kabině a celkovému zvýšení komfortu posádky.

V této části jsou podrobně rozebrány silné i slabé stránky jednotlivých řešení, přičemž je kladen důraz na jejich reálnou aplikovatelnost a případné možnosti další optimalizace. Závěry z této analýzy budou klíčové pro finální návrh nejvhodnější ventilační úpravy, která zajistí optimální podmínky v kabině kluzáku L-13.

6.1 Ústup kondenzace při různých konfiguracích větracích otvorů

Během pozemního testování byla zkoumána efektivita ventilace v rámci první testovací konfigurace větracích otvorů. Cílem bylo zjistit, jak jednotlivé prvky ventilačního systému ovlivňují odstranění kondenzace na plexiskle kabiny. Nejprve byl do USB portu zapojen větrák a následně byly postupně otevírány jednotlivé ventilační otvory. Tento přístup umožnil sledovat postupné změny v proudění vzduchu a jeho vliv uvnitř kabiny na eliminaci zkondenzované vlhkosti (viz obrázek 7 a obrázek 8).



Obrázek 7: Po použití větráku²¹



Obrázek 8: Před použitím větráku²²

Zapojení a správné nasměrování větráku na plochy s kondenzací poskytlo jasný důkaz o účinnosti tohoto řešení. Již během prvních pěti minut došlo na exponovaném místě k výraznému úbytku zkondenzované vlhkosti. Tento výsledek jednoznačně prokázal, že nucená ventilace může mít pozitivní efekt na urychlení odpařování a regulaci vlhkosti v kabině.

V čase 12:39, tedy přibližně 26 minut po zahájení testu, byla zcela otevřena čelní větrací klapka. Statické testování ukázalo, že toto opatření přispělo k mírnému snížení kondenzace, avšak efekt byl znatelný až s časovým odstupem. Po deseti minutách bylo možné pozorovat mírný ústup zkondenzované vlhkosti a relativní vlhkost vzduchu klesla o 1 %. Při pozemních podmínkách tento pomalý proces naznačuje, že samotné otevření čelní klapky nemusí být dostatečně efektivní pro rychlou eliminaci vlhkosti.

²¹ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

²² GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

V čase 12:49 bylo zcela otevřeno boční okénko v přední části kabiny (viz obrázek 9). Po pěti minutách bylo zaznamenáno slabé ustoupení kondenzace, avšak efekt stále nebyl dostatečně výrazný. Ve stejném okamžiku bylo otevřeno i druhé boční okénko pro zadního pilota. Tento krok měl za cíl zlepšit proudění vzduchu v celé kabině a eliminovat stagnující vlhkost v její zadní části.

V čase 12:59, tedy přibližně pět minut po otevření druhého bočního okénka, došlo k výraznějšímu ústupu kondenzace. Přesto byla stále patrná v menším kritickém prostoru nad palubní deskou, kde bylo zjištěno, že proudění vzduchu stagnuje a efekt větrání je v této oblasti omezený. V této fázi testu vlhkost v kabině klesla na 66 %, což značí poměrně výrazné zlepšení oproti výchozím hodnotám.



Obrázek 9: Fotografie testu v čase 12:49 při otevřených větracích otvorech²³

²³ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

Až ve 13:13, tedy po více než hodině testování, bylo možné konstatovat, že kondenzace z přední části kabiny byla téměř zcela eliminována. V zadní části kabiny se však stále v menší míře kondenzace vyskytovala, což naznačuje, že proudění vzduchu v této oblasti není dostatečně účinné. V tomto okamžiku byla naměřena relativní vlhkost 62 %, což potvrzuje celkový trend postupného zlepšování podmínek uvnitř kabiny.

Z výsledků testování tedy vyplývá, že kombinace nucené ventilace a postupného otevírání větracích otvorů může významně přispět k eliminaci kondenzace v kabině. Nicméně bylo také prokázáno, že proudění vzduchu není v kabině rovnoměrné, což vede ke vzniku kritických míst, kde vlhkost přetrvává déle. Tento poznatek poukazuje na nutnost optimalizace rozmístění větracích otvorů nebo doplnění ventilačního systému o další prvky, které by zajistily efektivnější distribuci vzduchu v celém prostoru kabiny.

6.2 Vliv větráku a vyhřívacího pásku na kondenzaci – přehled výsledků

V rámci obou testů byl použit větrák připojený k palubní desce prostřednictvím USB portu. Tento větrák byl nasměrován přímo na zkondenzovanou část kabiny a zlepšil tak cirkulaci vzduchu. Výsledky testování ukázaly, že zařízení bylo při eliminaci kondenzace na konkrétním místě velmi účinné, avšak jeho účinek byl omezen pouze na oblast, kam směřoval proud vzduchu. Nedokázal zajistit dostatečnou cirkulaci vzduchu v celé kabině, a proto byla v druhém testu doplněna další varianta – vyhřívací pásek.

Vyhřívací pásek byl rovněž připojen přes USB port a umístěn k čelnímu větracímu otvoru (viz obrázek 10). Kvůli omezenému počtu portů bylo nutné použít USB hub. Po zapojení větráku, rádia a vyhřívacího pásku se však ukázalo, že napájecí kapacita systému je nedostatečná. Zapojený větrák, a zapnutá radiostanice způsobila, že na vyhřívací pásek nezbývalo dostatečné el. energie pro jeho zahřátí. V důsledku toho se pásek nerozeznatelně rozehrál, což znamenalo, že jeho účinnost nemohla být ověřena.

Tento problém naznačuje, že pro efektivní využití vyhřívacího pásku by bylo nutné buď posílit elektrické napájení letadla, například instalací výkonnějšího zdroje, instalací výkonnějšího USB portu, který by optimalizoval napájení pro obě zařízení, nebo by bylo vhodné omezit počet současně zapojených zařízení. Další možností by bylo použití samostatné powerbanky pro napájení větráku či pásku, čímž by se eliminovalo přetížení elektrické soustavy.



Obrázek 10: Umístění vyhřívacího pásku²⁴

²⁴ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

7 Technické údaje použitých zařízení

Pro testování a experimentální ověření odvětrávacích systémů v kabině kluzáku L-13 Blaník byly vybrány komponenty, které splňovaly požadavky na jednoduchost, cenovou dostupnost a snadnou integraci do existujícího systému. Vybrané komponenty, jako ventilátor a vyhřívací pásek, byly zvoleny především z důvodu jejich široké dostupnosti na trhu a nízké ceny, což umožnilo efektivní testování při omezených nákladech.

Ventilátor (viz příloha B) s napájecím napětím 5V a příkonem 1W byl vybrán pro svou schopnost generovat dostatečný průtok vzduchu, což je kladné pro aplikace v malých prostorách, jako je kabina kluzáku. Jeho instalace byla jednoduchá, bez nutnosti zásadních zásahů do konstrukce kabiny.²⁵ Zároveň poskytl důležité výsledky při testování regulace vlhkosti a odstranění kondenzace.

Vyhřívací pásek (viz příloha C) s napájecím napětím 5 ~ 6V a s příkonem 2,5W byl vybrán z důvodu jeho kompaktnosti a snadné instalace.²⁶ I když v některých případech jeho účinnost byla ovlivněna omezeným napájením, jeho cenová dostupnost a jednoduchost instalace jej činí vhodným pro testovací účely.

Kvůli omezenému počtu USB portů v palubní desce byl použit USB hub (viz příloha D). Toto zařízení umožnilo přes jeden USB port v palubní desce zapojit větrák a vyhřívací pásek zároveň.

²⁵ ALZA.CZ, *APT Silikonový USB větrák s vrtulkou, černý* [online]. [cit. 21. 4. 2025].

²⁶ GM ELECTRONIC, spol. s r.o., *Ohřívací pásek* [online]. [cit. 22. 4. 2025].

8 Návrh a řešení pro zlepšení větracího systému

Tato část práce se zaměřuje na návrhy možných řešení pro jeho optimalizaci. Zohledněny budou jak pasivní způsoby pro zlepšení proudění vzduchu, tak i možnosti aktivního odmlžování a vyhřívání, které by mohly přispět k efektivnějšímu řízení vlhkosti v kabině.

8.1 Nové umístění větracích otvorů nebo jejich úprava

Navrhovaným řešením pro nové umístění větracích otvorů je zabudování otvorů s klapkou, které je stejné jako má původní ventilační systém L-13 Blaník s tím rozdílem, že by nebyla zabudována původní konstrukce zevnitř překrytu tohoto ventilačního systému. Tyto otvory by byly umístěny ve dvou klíčových bodech (viz obrázek 11), kde se vzduch nejvíce hromadí, čímž by bylo dosaženo efektivnějšího odvětrávání.

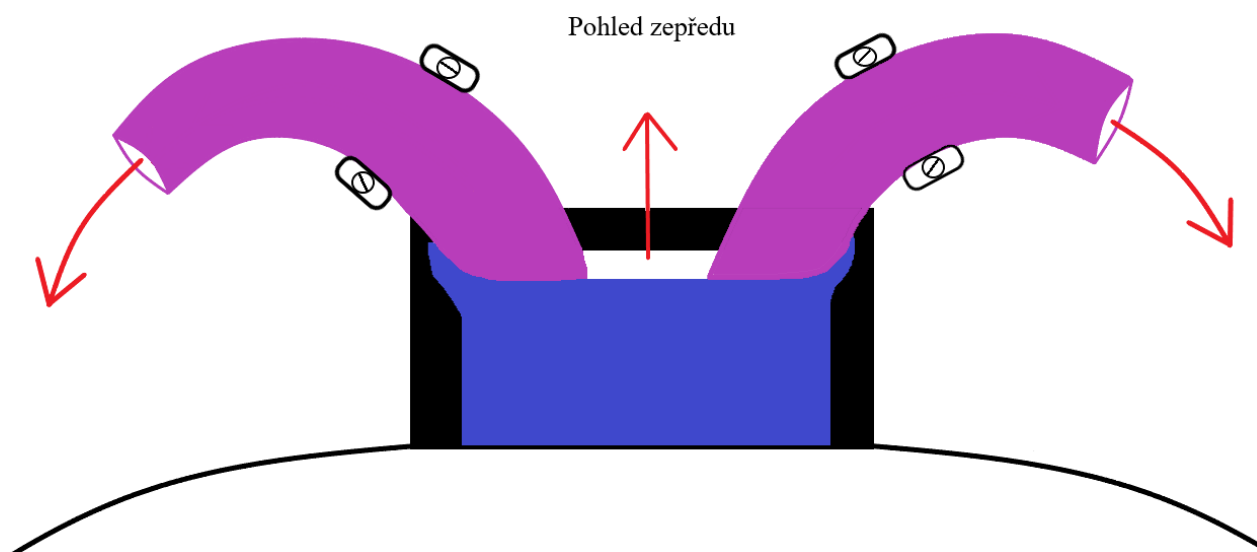


Obrázek 11: Fotografie znázorňující možné zabudování dalších větracích klapek²⁷

²⁷ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

Aby bylo možné ovládat nově přidané otvory zároveň s původním systémem, bylo by stávající táhlo rozšířeno do stran dle umístění sklopných otvorů. Na každém z těchto míst by pak byla přidělána ovládací páka identická s tou, která se používá pro původní větrací klapku. Toto řešení by umožnilo snadné a intuitivní ovládání ventilace přímo z pilotní kabiny bez nutnosti zásadních konstrukčních úprav.

Dalším návrhem by mohla být úprava stávajícího větracího systému, který by mohl výrazně zlepšit cirkulaci vzduchu v kabině (viz obrázek 12 a obrázek 13). Vnitřní provedení kanálu současné konstrukce pro rozvod vzduchu není optimální, vzhledem k jeho malému a asymetrickému tvaru, což způsobuje nerovnoměrný rozptyl vzduchu. Ideálním řešením by bylo upravit vnitřní konstrukci klapky tak, aby vzduch směřoval na kritická místa nad palubní deskou, kde má vzduch tendenci stagnovat.



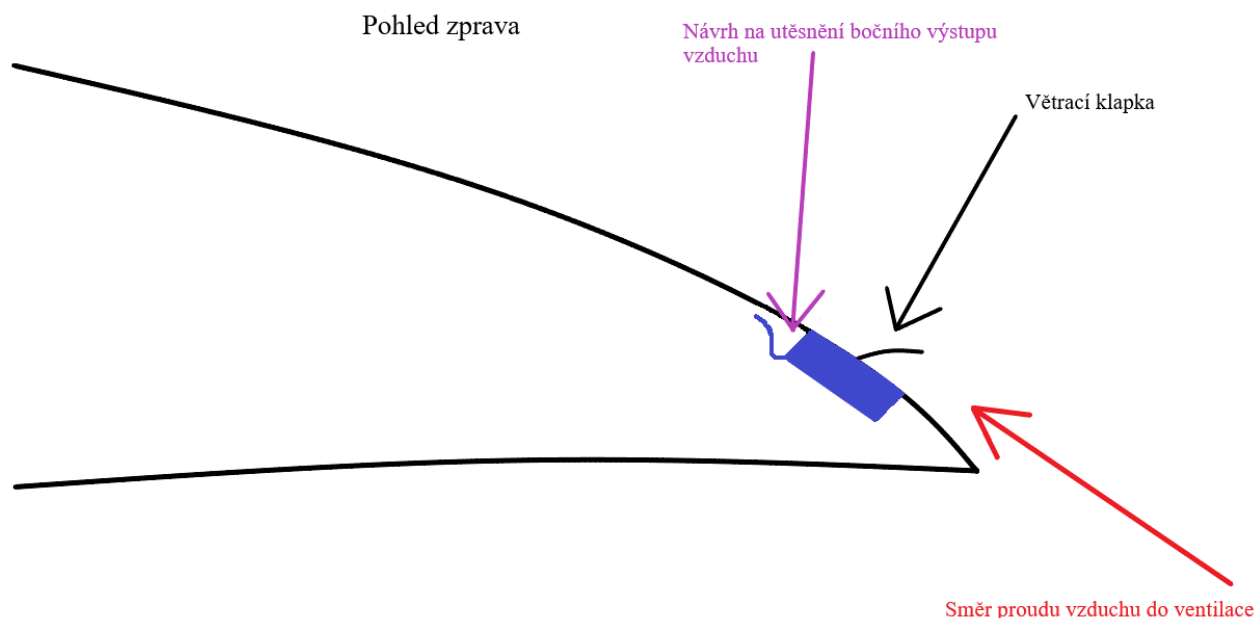
Obrázek 12: Návrh na instalaci kanálů na současnou ventilační konstrukci pro lepší směrování vzduchu na kritická místa²⁸

Vnitřní část by bylo možné nadstavit dvěma zaoblenými kanály v její horní části, čímž by se změnil směr proudění vzduchu tak, aby byl lépe využit pro odmlžování plexiskla. Tato úprava by byla provedena přidáním průhledné lišty z plexiskla nebo polykarbonátu. Lišta by byla z průhledného polykarbonátu nebo plexiskla a díky tomu by nebyla tak nenápadná, což znamená, že její design

²⁸ GIL, Pavel. [vlastní kresba], 2025.

by nebyl rušivý a esteticky by zapadl do interiéru kabiny. Tato lišta by pomohla efektivnějšímu proudění vzduchu na kritická místa, čímž by se snížilo riziko kondenzace.

Boční části klapky by pak mohly být zatěsněny, aby se zabránilo úniku vzduchu na nepodstatná místa. K utěsnění by se dalo využít například pěnové nebo silikonové těsnění, které by zajistilo dostatečné přilnutí a minimalizovalo únik vzduchu tam, kde není žádoucí.



Obrázek 13: Návrh na utěsnění bočního otvoru vnitřní konstrukce čelní ventilace kluzáku L-13 Blaník²⁹

8.2 Použití aktivního/pasivního odmlžování

Použití aktivního a pasivního odmlžování v kabině kluzáku L-13 Blaník bylo jedním z klíčových prvků experimentálního testování zaměřeného na problematiku kondenzace a námrazy na vnitřní straně plexisklového krytu kabiny. Během testování v hangáru bylo zaznamenáno, že při nízkých teplotách dochází k výrazné kondenzaci vlhkosti na chladných površích kabiny, což může při letu v zimním období vést k ojínění a výraznému omezení viditelnosti. Abych ověřil možnosti regulace tohoto jevu, rozhodl jsem se otestovat dvě zařízení aktivního odmlžování pomocí malého větráku a vyhřívacího pásku.

²⁹ GIL, Pavel. [vlastní kresba], 2025.

Základním problémem kabiny kluzáku L-13 Blaník je její nedostatečně efektivní pasivní a aktivní ventilace, která spoléhá pouze na mechanické prvky, jako jsou větrací klapky a malá posuvná okénka. V chladných podmínkách se však ukázalo, že proudění vzduchu je velmi omezené. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k implementaci aktivních prvků. Pro podporu cirkulace vzduchu byl použit malý větrák napájený přes USB, který by měl usnadnit odvod vlhkého vzduchu od plexiskla.

Tento větrák byl nasměrován tak, aby proudění vzduchu směřovalo přímo na kritická místa, kde docházelo ke kondenzaci.

V kabině kluzáku se však nacházel pouze jediný USB port, což znamenalo, že nebylo možné současně napájet více zařízení. Proto byl použit USB hub, který umožnil připojení větráku i vyhřívacího pásku. Očekávalo se, že vyhřívací pásek pomůže zvýšit teplotu plexiskla a zabránit tak kondenzaci, jelikož vyšší teplota povrchu by znamenala menší teplotní rozdíl mezi chladnou kabinou a vzduchem uvnitř prostředí kabiny, čímž by se snížila pravděpodobnost tvorby kondenzátu. Realita však ukázala, že vyhřívací pásek nebyl vůbec účinný.

Hlavním problémem bylo příliš vysoké zatížení elektrické soustavy kluzáku. Vzhledem k tomu, že větrák a vyhřívací pásek byly napájeny přes jeden USB port, došlo k nedostatečnému přísunu elektrické energie, což ovlivnilo schopnost vyhřívacího pásku dosáhnout požadované pracovní teploty. Sdílení napájecího kanálu vedlo k poklesu napětí a proudu, čímž byla snížena účinnost ohřevu pásku, který neměl k dispozici dostatečný výkon pro efektivní fungování. Tento problém odhalil zásadní omezení napájecího systému kluzáku, který není navržen pro dodatečné elektrické odběry, a ukázal, že jakékoliv další aktivní prvky vyžadující vyšší spotřebu energie nebudou bez úpravy elektrického systému funkční.

Na základě těchto zjištění lze konstatovat, že i když použití aktivního větráku přineslo určité zlepšení proudění vzduchu a pomohlo snížit míru kondenzace, samotný vyhřívací pásek nebyl v těchto podmínkách využitelný. Pokud by měl být tento princip použit v praxi, bylo by nutné zajistit výkonnější zdroj elektrické energie, například přidáním samostatné baterie pro napájení odmlžovacích systémů nebo integrací modernější palubní elektroniky.

8.3 Možné výhody a nevýhody navrhovaných řešení

Navrhované řešení pro zlepšení ventilace v kabině kluzáku L-13 Blaník, která spočívá v zabudování nových otvorů a úpravě stávajícího větracího systému, přináší několik výhod. Nové umístění otvorů na strategických místech umožňuje efektivní regulaci proudění vzduchu a minimalizaci stagnace vzduchu, což je klíčové pro eliminaci kondenzace a námrazy. Tento systém by byl snadno ovladatelný díky propojení s původním táhlem, což by zaručilo jednoduchou obsluhu bez nutnosti přidávat nové ovládací prvky a zachovalo by se ergonomické uspořádání kabiny. K tomu by přispěl i minimální nárůst hmotnosti, což by neovlivnilo letové vlastnosti letadla.

Dále by úprava stávajícího větracího systému, včetně optimalizace vnitřního kanálu pro rozvod vzduchu a přidání průhledné lišty, přinesla výrazné zlepšení cirkulace vzduchu v kabině. Taková lišta by pomohla směřovat vzduch na kritická místa, kde dochází ke stagnaci, a tím snížila riziko kondenzace. Přidání těsnění do bočních částí klapky by rovněž minimalizovalo únik vzduchu, což by zlepšilo efektivitu ventilace.

Na druhou stranu, některé aspekty navrhovaných řešení mohou přinést určité nevýhody. Zabudováním nových otvorů by se mohla snížit pevnost konstrukce překrytu kabiny, což by mohlo vést k rychlejšímu opotřebení nebo nutnosti dodatečného vyztužení konstrukce. Dále u úprav současného ventilačního systému je riziko netěsnosti při nesprávném slícování, což by mohlo vést k nežádoucím únikům vzduchu. Kromě toho by tyto úpravy mohly vyžadovat schválení konstrukční změny, což by bylo časově i finančně náročné.

Další nevýhodou, která vyvstala během testování, je omezený výkon stávajícího napájecího systému kluzáku L-13 Blaník. Při použití větráku a vyhřívacího pásku přes USB port došlo k nedostatečnému přísunu elektrické energie, což vedlo k neúčinnosti vyhřívacího pásku. Tento problém odhalil zásadní omezení elektrického systému kluzáku, který není navržen pro takovéto dodatečné odběry energie. V případě použití aktivních odmlžovacích systémů by bylo nutné zajistit výkonnější zdroj energie, například přidáním samostatné baterie nebo úpravou palubní elektroniky. I když použití větráku přineslo zlepšení proudění vzduchu, bylo jasně zřejmé, že pro efektivní využití vyhřívacího pásku je nutné upravit elektrický systém letadla, což představuje klíčovou výzvu pro implementaci tohoto řešení v praxi.

8.4 Technická a ekonomická analýza navrhovaných řešení

Navržená opatření pro eliminaci kondenzace zahrnují úpravy ventilace, přidání vyhřívacích prvků a změny v rozložení větracích otvorů. Technicky nejjednodušší variantou je použití větráku pro lepší cirkulaci vzduchu. Alternativně lze zlepšit distribuci vzduchu v kabině úpravou současné ventilace. Další možností je použití aktivního odmlžování, pomocí vyhřívacího pásku.“. Každé z těchto řešení má své technické limity, především z hlediska dostupného elektrického výkonu a efektivity proudění vzduchu. Zásadní je ověřit, jak se jednotlivé úpravy projeví v letových podmínkách, kde proudění vzduchu a změny teplot mohou významně ovlivnit jejich účinnost.

Nejlevnější variantou z navrhovaných řešení je pořízení malého větráku, který efektivně rozproudil vzduch v kabině a pomohl tím zlepšit ventilaci a eliminovat kondenzaci. Tento ventilátor je snadno dostupný a jeho instalace je jednoduchá, což výrazně snižuje náklady na pořízení a implementaci.

Další variantou je pořízení vyhřívacího pásku, který by měl za úkol zvyšovat teplotu plexiskla a tím snížit riziko kondenzace. Tento systém však vyžaduje úpravu elektrické instalace letadla, případně samostatné napájení, což zvyšuje náklady. Instalace vyhřívacího pásku by tedy byla finančně náročnější než pouhé pořízení větráku. I přesto by tato varianta mohla poskytnout výrazné zlepšení komfortu a funkčnosti, zvláště pokud by byla použita v kombinaci s větrákem.

Nejdražší variantou je úprava stávajícího ventilačního systému nebo zabudování nových ventilačních otvorů. Tyto úpravy by vyžadovaly zásah do původní konstrukce, což by znamenalo náklady na výrobu nových dílů, jako jsou lišty pro vedení vzduchu, a přizpůsobení vnitřní struktury kluzáku. Takové změny by byly náročné nejen na financování, ale i na časovou náročnost, protože by bylo potřeba získat schválení pro konstrukční úpravy a zajistit odbornou montáž.

Na základě dosavadních poznatků nelze jednoznačně určit, které řešení je nejlepší, dokud nebudou k dispozici údaje z letového testování. Statické testy na zemi poskytly cenné informace, avšak reálné letové podmínky mohou ovlivnit proudění vzduchu odlišným způsobem.

Nejvhodnější přístup proto spočívá v systematickém ověření navržených variant během letu a následném vyhodnocení naměřených dat. Finální úpravy by měly vycházet ze zjištěných hodnot za letu a zohlednit jak technickou proveditelnost, tak ekonomickou efektivitu jednotlivých opatření.

8.4.1 Výpočet elektrického zatížení větráku a vyhřívacího pásku

Pro výpočet elektrického zatížení jednotlivých zařízení napájených ze standardního USB portu využijeme základní vztah mezi výkonem, napětím a proudem ($P=U \cdot I$) kde:

- P je elektrický výkon [W].
- U je napětí [V].
- I je elektrický proud [A].

Výpočet odebíraného proudu pro větrák

Zadané hodnoty:

- Příkon: $P_v = 1\text{W}$
- Napájecí napětí: $U_v = 5\text{V}$

Výpočet odebíraného proudu: $I_v = \frac{P_v}{U_v} = \frac{1}{5} = 0,2\text{A}$

Výpočet odebíraného proudu pro vyhřívací pásek

Zadané hodnoty:

- Příkon: $P_p = 2,5\text{W}$
- Napájecí napětí: $U_p = 5\text{V}$

Výpočet odebíraného proudu: $I_p = \frac{P_p}{U_p} = \frac{2,5}{5} = 0,5\text{A}$

Celkové zatížení USB portu

Součet proudového odběru obou zařízení:

$$I_{\text{celk}} = I_v + I_p = 0,2 + 0,5 = 0,7\text{A}$$

$$P_{\text{celk}} = P_v + P_p = 1 + 2,5 = 3,5\text{W}^{30}$$

Při praktickém testování výkonu elektrických zařízení odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník bylo použito kompaktní USB měřidlo (viz obrázek 14) zobrazující proud i napětí v reálném čase. Měřidlo zaznamenalo pokles výstupního napětí portu z nominálních 5 V na přibližně 3,5 V při zátěži. Současné zapojení větráku a vyhřívacího pásku vyústilo ve skutečný odběr okolo 1,2 A. Tento pokles napětí a zvýšení odběru proudu napovídají, že port nedokáže poskytovat stabilní

³⁰ BARTOŠ, FIALA, MAŘÍK, *Základy elektrotechniky pro úplné začátečníky* (Praha: Evropská akademie vzdělávání SE, 2024), ISBN 978-80-909154-4-2.

napětí při vyšší zátěži, což vedlo k ztrátám v napájení. Tato zjištění potvrzují, že starší USB port na palubě kluzáku L-13 není dostatečně dimenzován na napájení více zařízení zároveň.



Obrázek 14: Fotografie se zaznamenanými skutečnými hodnotami odběru elektrického napětí a proudu³¹

³¹ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025

9 Možnosti implementace ventilačních systémů kluzáků L-23 a Duo

Discus

Inspirace a implementace odvětrávacích systému jako další z možných řešení by mohla výrazně přispět ke zlepšení bezpečnosti, komfortu posádky a zvýšení účinnosti odvětrávaného vzduchu z kabiny.

9.1 Implementace L-23 Super Blaník

Jedním z řešení, které by mohlo být převzato z novějšího modelu L-23 Super Blaník, je štěrbinový větrací systém (viz obrázek 15). Tento systém dokáže efektivně eliminovat kondenzaci na kritických místech v kabině a výrazně napomáhá zlepšení proudění vzduchu. Pokud by byl implementován v L-13, mohl by minimalizovat nežádoucí zamlžování a zamrzání zejména v chladných a vlhkých podmínkách.



Obrázek 15: Vzduchové štěrbinové větracího systému L23 Super Blaník³²

Dalším prvkem, který by mohl být inspirací z L-23, je integrované sklopné okénko umístěné ve výsuvném okně. Tento větrací otvor (viz obrázek 16) umožňuje přesnější regulaci průtoku vzduchu bez nutnosti posouvat celé okénko, což pilotovi poskytuje větší kontrolu nad ventilací.

³² GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025

Umístění těchto sklopných okének by mohlo zlepšit cirkulaci vzduchu v kabině a zároveň zajistit, že proudění bude lépe směřováno.



Obrázek 16: Posuvné okénko s vestavěným sklopným okénkem L-23 Super Blaník³³

Nicméně, analýza dostupných materiálů ukazuje, že i přes výhody štěrbinového větracího systému může být jeho účinnost v některých oblastech stále nedostatečná. Z videa, které dokazuje tento fakt je patrné, že vzduch neproudí dostatečně daleko, aby zcela zabránil zkondenzování po celém povrchu překrytu kabiny. Přesto by jeho instalace do L-13 mohla výrazně omezit tvorbu kondenzace a námrazy na důležitých plochách. Pro dosažení maximální účinnosti by bylo nutné doplnit systém o další úpravy.

9.2 Implementace Duo Discus

Možná implementace ventilačních systémů z kluzáku Duo Discus do L-13 Blaník představuje zajímavou možnost modernizace a zlepšení komfortu pilota i posádky. Větrací systém Duo Discus je podobný tomu, který se nachází v L-23 Super Blaník, avšak s několika klíčovými rozdíly, které by mohly přispět k efektivnější ventilaci v kabině L-13.

Jednou z hlavních změn je způsob, jakým vzduch vstupuje do kabiny. Zatímco L-23 využívá štěrbinový větrací otvor, který omezuje průtok do kokpitu, Duo Discus disponuje klapkou, skrze kterou vzduch proudí plynuleji a s větším dosahem. Tato klapka (viz obrázek 17 a obrázek 18)

³³ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025

je ovládána ergonomicky tvarovaným táhlem, které je zakončeno kuličkou pro lepší uchopení a snadnější manipulaci.



Obrázek 17: Ventilační klapka s ovládací pákou kluzáku Duo Discus³⁴

Vstup vzduchu u kluzáku Duo Discus začíná v oblasti nosu letadla, odkud je vzduch veden trubicí do ventilační klapky. Tento způsob distribuce vzduchu by mohl být adaptován i pro L-13, kde by bylo možné modifikovat stávající větrací systém tak, aby se zvýšila jeho účinnost. Důležitou inovací je také opatření klapky srstí či jemnými chlupy, které eliminují nepříjemný rušivý pískot způsobený rezonancí proudění vzduchu přes hranu klapky. Použitá srst je ve skutečnosti tenká vrstva pravé kůže, která je běžným lepidlem pevně přilepena na laminátový povrch klapky. Její hlavní funkcí je změnit charakter proudění vzduchu v místě kontaktu s hranou klapky. Místo ostrého přechodu mezi povrchem klapky a proudícím vzduchem dochází díky jemným chlupům k plynulejšímu rozptylu proudění vzduchu. Srst tedy působí jako pasivní tlumič aerodynamického hluku, aniž by negativně ovlivňovala objem vzduchu vstupujícího do kabiny. Tento prvek byl navržen samotnými piloty, což svědčí o jeho praktickém přínosu bez negativního vlivu na ventilaci.

³⁴ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025



Obrázek 18: Otevřená ventilační klapka osazená jemnými chlupy kluzáku Duo Discus³⁵

V zimních podmínkách je větrací klapka Duo Discus otevřená na maximum, aby zajistila dostatečné ofukování přední části kabiny. Tato vlastnost je klíčová pro zajištění dostatečné viditelnosti a bezpečné pilotáže.

Aplikace tohoto řešení do kluzáku L-13 Blaník je však velmi omezená. Vrtání vstupního otvoru pro přívod vzduchu do čelní části Blaníku by znamenalo zásah do skořepinového plechu, což by výrazně narušilo pevnost čelní špice letadla. Z tohoto důvodu není možné tento ventilační systém v plné míře implementovat. Maximálně lze čerpat inspiraci z tvaru větrací klapky a jejího ergonomického provedení, které by se potenciálně dalo přizpůsobit pro instalaci do L-13 bez zásahu do nosné struktury kluzáku.

³⁵ GIL, Pavel. [vlastní fotografie]. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025

10 Omezení a limity výzkumu

Testování probíhalo za specifických podmínek na zemi, což přineslo určité limity v přesnosti výsledků. Mezi hlavní faktory, které mohly ovlivnit výstupy měření, patří statické prostředí testování, kdy ventilace byla testována v hangáru, kde chyběla dynamika proudění vzduchu, které nastává při letu. V reálných podmínkách by mohl mít pohyb letadla rozdílné tlaky vzduchu či vibrace vliv na distribuci tepla i proudění vzduchu, což by mohlo způsobit rozdíly v účinnosti jednotlivých testovaných řešení. Dalším faktorem byla omezená možnost přístupu k palubnímu napájení, kde kvůli sraženému napětí v USB portu nebylo možné plně využít vyhřívací pásek, což vedlo k jeho minimální účinnosti. V praxi by mohlo pomoci přesměrování napájení nebo použití samostatného zdroje pro vyhřívání. Tento faktor ovlivnil výsledky testů a omezuje možnost praktického využití navrhovaných řešení.

Testování na zemi rovněž nezohlednilo vstup vzduchu do kabiny, který může ve skutečných podmínkách přicházet z netěsností kolem háku vlečného lana. Tento prvek by mohl ovlivnit distribuci vzduchu a vlhkosti v kabině, zejména v zimních podmínkách, kdy je účinná ventilace klíčová. Při testování na zemi byl tento prvek neaktivní, což mohlo ovlivnit výsledky testu. Kromě toho se při testování nezohlednil odtok vzduchu z kabiny do zadní části trupu. Tento odtok vzduchu ovlivňuje směr proudění a distribuci vzduchu v kabině, což má přímý vliv na regulaci vlhkosti a tvorbu kondenzace. V reálných letových podmínkách je cirkulace vzduchu dynamická a ovlivněná vnějšími faktory, což má přímý vliv na účinnost ventilace. Na zemi však nebylo možné tuto dynamiku simulovat, což omezilo schopnost přesně interpretovat výsledky testování.

10.1 Návrhy na další výzkum

Na základě zjištěných výsledků testování se nabízí několik směrů, kterými by bylo vhodné pokračovat. Prvním směrem je testování v letových podmínkách. Statické testy nepostihují vlivy, které přicházejí do hry během skutečného letu, například různé rychlosti proudění vzduchu v kabině v závislosti na rychlosti letu a změnách tlaku nebo možnost vniku vnější vlhkosti do kabiny při otevírání větracích klapek za letu. Pro přesnější výsledky by bylo ideální provést testování během letu v různých meteorologických podmínkách – při vysoké i nízké vlhkosti, v chladném i teplém prostředí.

Další výzkum by se mohl zaměřit na možnosti úpravy větracího systému, který dosavadní testy ukázaly jako nedostatečně efektivní, zejména v oblasti stagnace vzduchu. Měl by se zaměřit na ověření účinnosti štěrbinové ventilace, která se nachází v L-23 Super Blaník, a zvážit možnost její implementace do kluzáku L-13 Blaník. Tento způsob ventilace by mohl pomoci rovnoměrněji distribuovat proudící vzduch. Kromě toho by bylo užitečné prozkoumat možnosti dodatečných úprav větracích otvorů, jako je změna směřování proudění vzduchu tak, aby lépe cirkuloval na kritická místa v kabině.

Jako další možnost prevence kondenzace by se mohly využít pasivní varianty, které by doplnily aktivní systémy větrání, čímž by se zlepšila celková účinnost regulace vlhkosti v kabině. Například použití chemického přípravku na plexisklo, který zabraňuje tvorbě kondenzátu a usnadňuje odpařování vlhkosti, by mohlo být jednoduchým a efektivním řešením. Tento způsob je běžně používán v automobilovém nebo potápěčském průmyslu a mohl by být adaptována i pro letecký průmysl. Další možností by bylo použití silikagelových sáčků nebo jiných absorpčních materiálů, které by pohlcovaly nadbytečnou vlhkost v kabině. Tento přístup je běžně využíván u automobilů a skladovacích prostor, kde pomáhá udržovat optimální podmínky pro uskladnění citlivých materiálů. Kromě toho by instalace vlhkoměru v kabině umožnila pilotům sledovat hodnoty relativní vlhkosti a řídit ventilační opatření podle aktuálních podmínek, což by ještě více přispělo k efektivnímu odmlžování a odstraňování kondenzace

Závěr

Tato práce se zaměřila na analýzu a optimalizaci odvětrávacího systému kluzáku L-13 Blaník, který má problémy s kondenzací a omezeným prouděním vzduchu v kabině v zimních podmínkách. Cílem bylo zhodnotit stávající řešení, identifikovat jeho nedostatky a navrhnout technická vylepšení, která by vedla ke zlepšení komfortu posádky i bezpečnosti letu. V rámci experimentální části byly provedeny statické testy, které umožnily zhodnotit účinnost ventilace a vliv různých opatření na eliminaci kondenzace. Na základě provedených rozhovorů bylo zjištěno, že současný systém ventilace neumožňuje efektivní cirkulaci vzduchu v celé kabině, což způsobuje nerovnoměrné rozložení vlhkosti a tvorbu kondenzace na kritických místech, zejména v přední části plexisklového překrytu. Testování ukázalo, že pasivní větrání prostřednictvím čelní větrací klapky a bočních okének má určitou účinnost, avšak nedokáže zajistit dostatečné odmlžení kabiny v krátkém čase. Větrák zapojený do palubního USB portu prokázal svou schopnost urychlit proces odmlžování, avšak jeho účinnost byla omezená vzhledem k malému dosahu proudícího vzduchu. Použití vyhřívacího pásu se ukázalo jako neefektivní, neboť dostupné elektrické napájení nebylo schopno zajistit dostatečný výkon pro jeho správnou funkci.

Na základě získaných poznatků bylo navrženo několik možných úprav odvětrávacího systému. První variantou je zvětšení průtoku vzduchu pomocí úpravy čelní větrací klapky tak, aby vzduch směřoval na kritická místa, zejména podél překrytu kabiny, a tím bránil kondenzaci. Další možností je implementace sklopného okénka, inspirovaného řešením v kluzáku L-23 Super Blaník, které by umožnilo lepší regulaci přívodu vzduchu. Alternativním přístupem je využití aktivního větrání pomocí větráku s optimalizovaným umístěním tak, aby zajistily efektivnější cirkulaci vzduchu v kabině. Závěrem lze konstatovat, že problematika odvětrávání kabiny L-13 Blaník nemá jedno univerzální řešení a jednoznačně nelze určit, které řešení je nejlepší, dokud nebudou k dispozici údaje z letového testování. Statické testy na zemi poskytly cenné informace, avšak reálné letové podmínky mohou ovlivnit proudění vzduchu odlišným způsobem. Nejlepším přístupem je systematické testování navržených variant jak během letu, tak i na zemi, s následným vyhodnocením získaných dat. Klíčové je zkombinovat více opatření, která budou ověřována v reálných letových podmínkách. Budoucí výzkum by se měl zaměřit na zefektivnění těchto řešení a jejich implementaci tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší účinnosti při co nejmenších nákladech a minimálních zásazích do konstrukce letadla

Seznam literatury

TRIGAS. *Vzduchotechnika – funkce větrání* [online]. Trigas.cz, [cit. 19. 3. 2025]. Dostupné z: <http://www.trigas.cz/vzduchotechnika-funkce-vetrani.htm>

STAVOVČÍK, Boleslav. *Všeobecné znalosti letounů: učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů ATPL(A) dle předpisu JAR-FCL 1 (část 20). Díl 1*. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-245-9.

SAHRAI, Daniel. *Nebezpečné meteorologické jevy: Námraza I* [online]. AirGuru.cz, 15. 12. 2021 [cit. 20. 3. 2025]. Dostupné z: <https://www.airguru.cz/clanky/namraza-i>

DAKEA. *Kondenzace vodní páry na oknech* [online]. Dakea.cz, [cit. 1. 4. 2025]. Dostupné z: <https://dakea.cz/clanky/pro-koncove-uzivatele/kondenzace-vodni-pary-na-oknech/>

KRÁLOVÁ, Magda. *Námraza* [online]. Eduportál Techmania, [cit. 5. 4. 2025]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/meteorologie/atmosfericke-jevy/namraza>

HARAŠTA, Ivan. *Učebnice pilota: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. 1. vyd. Cheb: Svět křídel, 2003. ISBN 80-85280-89-2.

KHOL, Miroslav. *Blaník slaví šedesát: Příběh druhého prototypu* [online]. Flying Revue, 30. 8. 2018. [cit. 9. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.flying-revue.cz/blanik-slavi-sedesat-pribeh-druheho-prototypu>

ORLITA, Michal. *Historie větroně L-13 Blaník* [online]. Orlita.net, [cit. 10. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.orlita.net/blanik/>

DIEPOLDOVÁ, Petra. *L-13 Blaník ve vlastnictví Aeroklubu Vysoké Mýto* [fotografie], Vysoké Mýto: Aeroklub Vysoké Mýto, 12. 4. 2025.

GIL, Pavel. *[vlastní fotografie]*. Aeroklub Vysoké Mýto, 2025.

ORLITA, Jiří. *L-13 Blaník* [online]. [cit. 15. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.orlita.net/blanik/>

BLANÍK AIRCRAFT CZ s.r.o. *Technická příručka L-13 Blaník*. Praha: Blaník AIRCRAFT CZ s.r.o., 2017.

HANÁCKÝ AEROKLUB OLOMOUC. *L-23 Super Blaník* [online]. 31. srpna 2023 [cit. 17. 4. 2025]. Dostupné z: <https://hao.cz/L23>

CHARVÁT, Tomáš. *Winter at LKVM in L-23 Superblaník* [online video]. YouTube, 2022. [cit. 20. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Xusy1Fvrjcw>

HANÁCKÝ AEROKLUB OLOMOUC, *Duo Discus XLT* [online], [cit. 7. 5. 2025], dostupné z: <https://hao.cz/DuoDiscusXLT>.

LET k. p. Uherské Hradiště–Kunovice. *Kusovník větroně L-13 Blaník: katalog der bestandteile, spare parts catalogue*. 4. vydání. Uherské Hradiště–Kunovice: LET, srpen 1989.

SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GMBH, *Duo Discus XL Flight Manual* [online], Kirchheim unter Teck: Schempp-Hirth, 2018, s. 7.2.4. [cit. 9. 4. 2025], dostupné z: https://www.schempp-hirth.com/fileadmin/handbuecher/DuoDiscusXL_Handbuch_eng.pdf.

SCHEMPP-HIRTH FLUGZEUGBAU GMBH, *Duo Discus XL* [online], [cit. 11. 4. 2025], dostupné z: <https://www.schempp-hirth.com/en/sailplanes/duo-discus/duo-discus-xl>.

HADEX, s.r.o. *Analogový teploměr a vlhkoměr WS-A7, bílý* [online]. [cit. 22. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.hadex.cz/t165a-analogovy-teplomer-a-vlhkomer-ws-a7-bily/>

ALZA.cz, *APT Silikonový USB větrák s vrtulkou, černý* [online]. [cit. 21. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/apt-silikonovy-usb-vetrak-s-vrtulkou-cerny-d12380442.htm>

GM ELECTRONIC, spol. s r.o. *Ohřívací pásek* [online]. [cit. 22. 4. 2025]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/v/1482985/ohrivaci-pasek>

MPOUZDRA.CZ, *Mini USB 2.0 hub – 3 porty* [online]. [cit. 19. 4. 2025]. Dostupné z: <https://mpouzdra.cz/mini-usb-2-0-hub-3-porty.html> MPOUZDRA.CZ, *Mini USB 2.0 hub – 3 porty* [online]. [cit. 21. 4. 2025].

BARTOŠ, Pavel, Václav FIALA a Radek MAŘÍK. *Základy elektrotechniky pro úplné začátečníky*. 1. vydání. Praha: Evropská akademie vzdělávání SE, 2024. ISBN 978-80-909154-4

Přílohy

Příloha A: Analogový teploměr a vlhkoměr WS-A7 bílý	50
Příloha B: Větrák USB	51
Příloha C: Vyhřívací pásek	52
Příloha D: USB hub	53

Příloha A: Analogový teploměr a vlhkoměr WS-A7 bílý



Technické parametry:

Maximální rozsah teploměru je -20–50° C.

Přesnost měření teploty je $\pm 1^\circ$ C.

Maximální rozsah vlhkoměru je 0-100 %.

Přesnost měření vlhkoměru je ± 5 %.³⁶

³⁶ HADEX, s.r.o. *Analogový teploměr a vlhkoměr WS-A7, bílý* [online]. [cit. 22. 4. 2025].

Příloha B: Větrák USB



Technické parametry: Napětí 5V, příkon 1W³⁷

³⁷ ALZA.CZ, *APT Silikonový USB větrák s vrtulkou, černý* [online]. [cit. 21. 4. 2025].

Příloha C: Vyhřívací pásek



Technické parametry: Povrchová teplota 45 ~ 50 °C, napětí 5 ~ 6V, Příkon 2,5W.³⁸

³⁸ GM ELECTRONIC, spol. s r.o., *Ohřívací pásek* [online], [cit. 22. 4. 2025].

Příloha D: USB hub



Technické parametry: Externí napájení 5V/1,5-2A³⁹

³⁹ MPOUZDRA.CZ, *Mini USB 2.0 hub – 3 porty* [online], [cit. 19. 4. 2025].