

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prostějov 2006

Taťána LONÍČKOVÁ

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově

Bakalářský studijní program: TEXTIL

Studijní obor: Technologie a řízení oděvní výroby – 3107R004

Zaměření: Konfekční výroba

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Název práce: Studie propustnosti vzduchu textilií a švy
 u padákových kluzáků**

**Name of thesis: Study of textile`s air permeability and its
 seams on the paragliders**

Kód: 347/06

Autor bakalářské práce: Taťána Loničková

Vedoucí BP: Doc. Ing. Otakar Kunz, Csc.

Konzultant: Ing. František Pavloušek

Počet stran	Počet obrázků	Počet tabulek	Počet příloh
48	12	14	15

Prostějov 2006

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva.

(ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Universitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském zejména §60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.)

Jsem si vědoma toho, že užití své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených universitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou bakalářskou práci mohu vyzvednout v Universitní knihovně TUL, po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Prostějově, dne 15.5.2006

.....
podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Doc. Ing. Otakaru Kunzovi, Csc. za odborné vedení při zpracovávání bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Františkovi Pavlouškovi a firmě Axispara za obětavou pomoc při formování této práce, časovou a v neposlední řadě také finanční investici spojenou s realizací laboratorních zkoušek.

Anotace

Téma: Studie propustnosti vzduchu textilií a švy u padákových kluzáků

Tato práce se zabývá propustností vzduchu textilií a švy u padákových kluzáků. Obsahuje nutný popis padákových kluzáků a materiálů používaných na jejich výrobu ve vztahu k prodyšnosti. Dále zkoumá fyzikální podstatu letu kluzáku.

Cílem je experimentálně omezit propustnost vzduchu švy, tím zlepšit letové vlastnosti a posunout hranici pasivní bezpečnosti. Vytýčeného cíle bylo dosaženo, avšak některé vlastnosti budou potvrzeny až letovou praxí.

Annotation

Theme: Study of textile's air permeability and its seams on the paragliders

This work deals with study of textile's air permeability and its seams on the paragliders. It's containing short diskriptions of paraglider wings, material used for it's manufacturing. In accordance of their air permeability. Futher more its goes trough physical principles of flying of paragliders.

The aim to experimentaly reduce seams air permeability to achieve better peforming gliders and to im pove their passive safety charakteristics. Sketching aims has been reached, even if some of caracterictics will confirmed after flying experience.

Klíčová slova

propustnost vzduchu	air permeability
prodyšnost	permeability
padákový kluzák	paraglider
paragliding	paragliding
aerodynamika	aerodynamic
textilie	textile

Obsah:

<u>Seznam použitých symbolů</u>	8
<u>Vysvětlivky</u>	9
<u>Základní pojmy</u>	10
<u>1 Úvod</u>	11
<u>2 Popis a funkce padákového kluzáku</u>	12
2.1 Historie padákových kluzáků	12
2.2 Konstrukce padákových kluzáků	15
<u>3 Aerodynamika a mechanika letu padákového kluzáku</u>	16
3.1 Fyzikální podstata jevu	16
3.2 Aerodynamické síly	18
3.3 Vztlak a odpor	19
3.4 Rovnováha sil	20
3.5 Aerodynamičtí součinitelé	22
3.6 Letecký profil a vrchlík padákového kluzáku	22
3.7 Vliv prodyšnosti na letecké vlastnosti	22
<u>4 Analýza parametrů a vlastností textilií, nití a spojů kluzáku</u>	23
4.1 Vlastnosti textilií	23
4.1.1 Materiálové složení	23
4.1.2 Vazba tkaniny	24
4.1.3 Zátěr	24
4.2 Ostatní materiály	26
4.3 Charakteristika požadavků na šité spoje	26
4.3.1 Oddělovací proces	26
4.3.2 Spojovací proces	26

<u>5 Metodika měření a experimentální ověření prodyšnosti</u>	27
5.1 Pojem prodyšnost	27
5.2 Metodika měření	28
5.3 Laboratorní ověření prodyšnosti textilie	29
5.4 Laboratorní ověření prodyšnosti řádku stehů a kombinacemi jehel a nití	33
5.5 Laboratorní ověření prodyšnosti švu	37
 <u>6 Uplatnění poznatků na výkon a bezpečnost padákového kluzáku</u>	 38
6.1 Rozložení tlaků	39
6.2 Výpočet plochy a celkové délky švů padákového kluzáku	41
6.3 Srovnání prostupu vzduchu klasické technologie a technologie přelepených švů	41
6.3.1 Přepočet průtoku vzduchu na jednotku délky	42
6.3.2 Prostup vzduchu	43
6.4 Praktický vliv na výkon a bezpečnost padákového kluzáku	45
 <u>7 Závěr</u>	 46
 <u>Použitá literatura</u>	 47
 <u>Seznam příloh</u>	 48

Seznam použitých symbolů

b	hloubka profilu [cm]
C_X	součinitel odporu
C_Y	součinitel vztlaku
D	délka dolního potahu [cm]
dS	délka švů vrchlíku [cm]
F_X	odporová síla [N]
F_Y	vztlaková síla [N]
G	hustota vzduchu [kg/m ³]
h	tloušťka materiálu [cm]
H	délka horního potahu [cm]
p	tlak [Pa]
P_d	dynamický tlak [Pa]
PUR	polyuretan
R	prodyšnost [l/m ² /min]
R_d	prodyšnost na jednotku délky [l/m/min]
Re	Reynoldsovo číslo
s	směrodatná odchylka
S	plocha (průřez) [cm ²]
s^2	rozptyl
SD	½ plochy dolního potahu [cm ²]
SH	½ plochy horního potahu [cm ²]
SV	plocha vrchlíku [cm ²]
š	šířka komory [cm]
t	čas [s]
UV	ultrafialové (záření)
v	variační koeficient
V	objem prostupu vzduchu v ploše [l/min]
V_c	celkový objem prostupu vzduchu [l/min]
v_p	rychlost proudění (obtékání) [m/s]
$\bar{x}$	aritmetický průměr

Vysvětlivky

{?}Aramid – je houževnaté vlákno, slabé tlakové pevnosti. Je velmi citlivý k vysokým teplotám vyrábí se z vysoce orientovaného aromatického polyamidu. Vlákná jsou velice pružná a proto jsou používány k výrobě neprůstřelných vest [3].

{?}Dyneema – vysoce pevné syntetické vlákno ze skupiny polyolefinů, plave na vodě, má nízkou teplotu tání (147°C). Relativně nejpevnější vlákno vzhledem k hmotnosti – hmotnost 970 kg/m³. Má také vysokou odolnost v ohybu [3].

{?}Kevlar – vysoce pevné syntetické vlákno ze skupiny para-aramidů. Např. Kevlar 29 je cca 5x pevnější než ocel a 5x lehčí, tažnost má 4%, absorpce vody 8% [3].

{?}Twaron – vysoce pevné syntetické vlákno patřící do skupiny aramidů [3].

{?}Speedsystem – slouží ke změně úhlu nastavení křídla, jímž se mění tvarová odpor a následně dopředná rychlost [2].

{?}Sack-flug – jedná se o režim, při němž kluzák téměř neletí dopředu, pouze klesá a má nefunkční řízení, protože vrchlík není obtékán vzduchem, ale pouze ofukován zdola. Dochází k němu při letu na nízkých rychlostech a to většinou u starých kluzáků, mající velkou prodyšnost materiálu [2].

Základní pojmy

Prodyšnost – je rychlost proudu vzduchu procházející kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu [7], tedy jako m/s. V praxi textilních výrobců je uváděna hodnota v l/cm²/min.

Propustnost vzduchu – viz prodyšnost

Prostup vzduchu – viz prodyšnost

Paragliding – je létání s padákovými kluzáky. Podstatou je létání v termice, kdy pilot využívá stoupavých proudů k získání výšky kroužením. Z této výšky pak klouže rovným letem do dálky a za pomoci dalších termických proudů může ulétnout až několik stovek kilometrů [2].

1 Úvod

Tato práce se zabývá studií propustnosti vzduchu textilií a švy u padákových kluzáků, vlivem jehly a nitě na zkoušený spoj, a též samotnou technologií švů. Propustnost vzduchu je jeden z základních parametrů podílejících se na stabilní kvalitě letu. Materiály, ze kterých se kluzáky vyrábí mají díky svému zátěru velmi malou prodyšnost. Ta působením vnějších vlivů, jako UV paprsky, prach, vlhkost, žár či nevhodným zacházením, postupně degraduje. Stejně tak se zvyšuje prodyšnost u švů vlivem namáhání.

Z praxe je známo, že nový kluzák si udrží stejné letové vlastnosti po dobu dvou až tří let (300 letových hodin). Poté se však tyto vlastnosti prudce zhorší, padák začne mít náchylnost k propadavému letu (sack-flug), stává se hůře ovladatelným a nebezpečným v krizových režimech letu. Důvod je připisován razantnímu nárůstu prodyšnosti textilie.

Otázkou je, zda se únik vzduchu švy podílí na celkové prodyšnosti vrchlíku. Zjišťováním propustnosti švu, popřípadě jeho omezením, bychom posunuli hranici pasivní bezpečnosti a výkonu kluzáku.

Téma bakalářské práce jsem zvolila na základě neoficiálního přání firmy Axispara kde jsem absolvovala povinnou praxi a kde v současnosti příležitostně pracuji. Zvláště pak předmět „Výroba technických konfekcí“ mě přiblížil k dané problematice. Z vlastní zkušenosti vím, co výroba kluzáků obnáší. Od náročnosti materiálového vybavení, přes výrobu, až po přísné mezinárodní testy.

Firma Axispara se zabývá výrobou padákových kluzáků, záložních padáků, kitů a jejich příslušenstvím. Paragliding je v poslední době značně rozšířeným sportem. Vývoj nových modelů a nových technologických postupů je základem pro každého, kdo chce obstát v silném konkurenčním boji.

Doufám, že má práce přinese cenné poznatky při dalším vývoji padákových kluzáků.

2 Studie padákového kluzáku

Definice a popis kluzáku:

Rozlišujeme padáky pro paragliding (padákové kluzáky) a padáky výsadkové určené k seskokům z letadla.

Def.: Padákový kluzák je letadlo těžší než vzduch, u kterého není tvar nosné plochy určován tuhou konstrukcí a který nemá více jak dva členy osádky.

Padákový kluzák je dopravním prostředkem pro sport zvaný paragliding [1].

2.1 Historie padákových kluzáků

V první světové válce došlo k rozvoji mnoha nových zbraní. Mimo jiné i ponorek, které měly problémy s rozhledem při pozorování vodní plochy v průběhu plavby na hladině. Proto byla vyvinuta technika vlečení pozorovatele na padáku za plovoucí ponorkou, což tento problém do jisté míry odstranilo. Také používání seskokových padáků, v té době již poměrně dobře známých, zaznamenal značný rozvoj. Nejprve jako výbava pozorovatelů v balónech. Ti sledovali bojiště, hlásili zásahy dělostřelectva a měli o zábavu postaráno. Padáky jim poskytly kýženou možnost záchrany i v této překérní situaci.

Nejvýznamnější a v pravdě revoluční krok ve vývoji různých látkových záležitostí určených k řízenému padání až létání, udělal NASA (National Aeronautics and Administration). Její experimentování s návratovými zařízeními kosmických lodí vedlo k vývoji rogallova křídla a několika druhů ovladatelných padáků, včetně typů formovaných nápořem vzduchu do tvaru nosné plochy s leteckým profilem.

V roce 1988 se na obloze objevily první kluzáky s elipsovitým tvarem vrchlíku a zlepšené aerodynamické vlastnosti měly za následek druhé pronikavé zvýšení výkonů. Špičková klouzavost již dosahovala hodnoty asi 1:5. V této době začíná skutečný rozmach paraglidingu. Vznikají noví výrobci kluzáků i speciálního vybavení. K významným výrobcům té doby patří firmy Pro Design, Pradentla, Parma, Salewa, ITV, Advance a další.

V roce 1987 vznikla první domácí konstrukce, jejímž autorem byl Ing. Josef

Tesař. Po roce 1989 se podmínky pro rozvoj paraglidingu u nás podstatně zlepšily a začala řada výrobců a škol. Zakrátko se objevili i další výrobci : Cirus, Pegas, Galaxy, Straka Fly, 3TP a Opus. To jsou jmény forem prodávajících v roce 1990. Některé existují dodnes, jiné zanikly, nebo se přejmenovaly a řada jiných, jako Mac, Gradient, JojoWing, Easy Fly, nebo Sfair vznikly o něco později. Každopádně do toho roku až po současnost, má Česká republika zřejmě největší počet výrobců padákových kluzáku v poměru k počtu aktivních pilotů na světě [1].

2.2 Konstrukce padákového kluzáku

Padákový kluzák je složen ze tří základních částí: vrchlík, šňůry a popruhy.

Vrchlík

Vrchlík padákového kluzáku je tvořen vrchním a spodním potahem, který je přišit k žebřům ve tvaru leteckého profilu (příloha č. 1). Požadovaný profil má však vrchlík pouze v místě, kde je žebro přišito k potahu. V prostoru mezi dvěma žebry je tvar profilu do jisté míry deformován tlakem vzduchu uvnitř vrchlíku. Na žebrech jsou přišity úchyty pro jednotlivé šňůry. Každá z nich nese určitou část hmotnosti pilota a tak mírně deformuje profil v místě uchycení. Tyto deformace jsou obzvlášť dobře patrné na kluzácích starší generace. Jejich odstranění a tedy lepšímu rozkladu tíhy do konstrukce vrchlíku se věnovala v minulosti velká pozornost. Podíváme-li se dovnitř vrchlíku, zjistíme, že v žebrech jsou poměrně velké otvory a asi najdete také výztuhy zhotovené z materiálu o poznání pevnějšího a tvrdšího než vrchlík.

Nepropustnost textilie je klíčová vlastnost pro dosažení dobrých letových vlastností a výkonů z ní ušitých kluzáků. Existuje několik materiálů, z nichž lze vrchlík ušít. V současné době patří mezi nejznámější syntetická látka s obchodním názvem „Skytex“ od francouzské firmy NCV Industries, divize Porcher Marine nově přejmenována na Porcher Sport.

Šňůry a vyvázání

System vyvázání padákového kluzáku můžeme rozdělit na tři základní části:

spodní hlavní šňůry o větším průměru, na ně jsou navázány horní galerie slabších rozvětvlujících se šňůr a řídící šňůry (příloha č. 2).

Na dnešních kluzácích jsou použité šňůry z materiálů s obchodním označením Aramid, Kevlar, Twaron nebo Dyneema.

Kevlar se dříve používal převážně na vysoce výkonné a závodní kluzáky. Jeho nevýhodou byla křehkost a degradace vlivem UV záření. Nyní se přechází spíše na Dyneemu od firem Liros (s PUR zátěrem) či Cousin.

Existují dva typy šňůr - bez opletu a s ochranným opletem (Příloha č.3). Bezopletové šňůry slouží především pro použití na soutěžních kluzácích, neboť snižují celkový odpor asi o 10%. Jsou však citlivé na pozemní manipulace, UV záření i povětrnostní vlivy. Opletené šňůry slouží k všestrannému použití pro padákové kluzáky. Chrání vlastní padákovou šňůru před mechanickým poškozením, před vlivem UV záření a před nepříznivými vlivy pozemní manipulace. Mají větší průměr a částečně zvyšují odpor padáku za letu.

Popruhy

Popruhy jsou pojítkem mezi postrojem pilota, které pevně drží vrchlík (příloha č. 4). Dále je na nich uchyceno řízení, speedsystém a někdy i trimovací zařízení, sloužící k ovládání padáku za letu. Na konci do kterého se sbíhají jednotlivé šňůry jsou popruhy většinou opatřeny šroubovacími karabinkami.

Postroj pro paragliding

Mezi základní požadavky patří pevnost, pasivní bezpečnost, stabilita a komfort. Z hlediska pevnosti jde zejména o kvalitu používaných materiálů a technologii jejich sešití. Moderní postroje jsou velmi pevné a s přehledem snesou i mnohonásobně vyšší zatížení, než jakému jsou v provozu vystaveny. Výrobci, kteří chtějí mít absolutní jistotu podrobují své výrobky pevnostním testům. Pasivní bezpečnost postroje tkví zejména v jeho vybavenosti chrániči a v umístění záložního padáku (příloha č. 5).

Chránič páteře je konstruován zpravidla z tuhého molitanu, zašitého do látkového obalu. Ten je vcelku neprodyšný a při stlačení uniká vzduch nejvíce kolem švů, jimiž je obal chrániče sešit. Působí tedy jako elastická brzda [1].

Záchranný padák pro paragliding

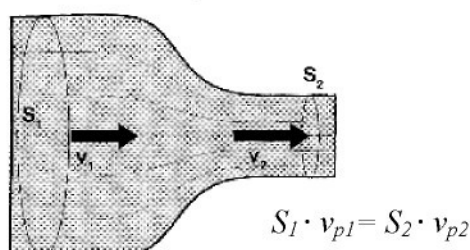
Záchranný padák určený pro paragliding se poněkud odlišuje od klasického parašutistického záložního padáku. Jde o rozdílný způsob aktivace a také o jinak řešenou konstrukci. Jako nejrozšířenější typ se používá neřiditelný padák kruhového tvaru se středovou šňůrou (příloha č. 6). Tento systém je velmi jednoduchý a spolehlivý.

Pro výrobu záložních padáků se používá obdobných materiálů jako pro padákové kluzáky. Pouze zátěr zde odpadá, tedy i propustnost vzduchu je daleko větší. Šňůry bývají polyesterové či Dyneema [1].

Vzduch klade odpor každému tělesu, které je v pohybu. Neexistuje tvar tělesa, který by vystaven proudu vzduchu nekladal žádný odpor, ale existují tvary které nevyvozuji žádný vztlak. Pohybem tělesa v reálné tekutině vzniká odpor vždy, ale vztlak jen někdy.

Vliv tvaru tělesa na velikost odporu (obr. 1)

Proudnicе jsou čáry, kterými se zobrazuje pohyb molekul vzduchu. Proudnicе ukazuje směr molekuly, nezobrazuje ale rychlost proudění. V místě zhuštění proudnic se ale rychlost proudu zvyšuje.



Obr. 1. Bernoulliho rovnice

S – průřez

v_p – rychlost proudění [1]

Laminární proudění – laminární proudnicе se nepromíchávají. Je to proudění nevířivé, neturbulentní.

Turbulentní proudění – jednotlivé proudnicе se navzájem promíchávají a vzniká proudění vířivé, chaotické, turbulentní

Odpor rovné desky

Postavíme-li desku kolmo na proud vzduchu, mění se laminární proudění v oblasti okrajů desky na turbulentní. Děje se tak proto, že molekuly nejsou schopny sledovat svým pohybem tak ostrá zakřivení.

Důvodem je dynamická viskozita – vnitřní tření mezi jednotlivými vrstvami, které by museli míř při obtékání tak ostrého zlomu příliš rozdílné rychlosti.

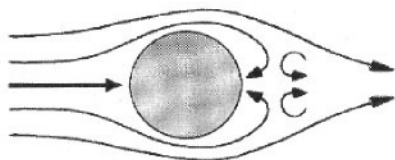


Obr. 2. Odpor rovné desky

Při obtékání rovné desky je část vzduchové hmoty nucena značně snížit svoji rychlost těsně před kolmou deskou a díky tomu zde dochází k nárůstu statického tlaku vzduchu, zatímco na zadní straně je tento tlak turbulentním vířením naopak snížen. Rozdílem tlaků vzniká na přední straně síla která desku tlačí a na zadní straně saje. (obr.2)

Odpor koule

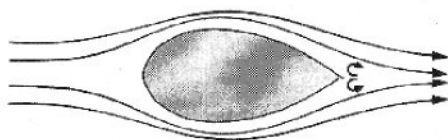
Kouli vzduch obtéká snáze, neboť částice vzduchu jsou schopny poměrně dobře sledovat povrch tělesa a k přechodu laminárního proudění v turbulentní dochází až za oblastí nejvyššího bodu dráhy částic vzduchu. Celková odpor oproti rovné desce je přibližně čtvrtinový. (obr. 3)



Obr. 3. Odpor koule

Odpor proudnicového tvaru

U osově ofukovaného kapkovitého tvaru je dobře patrné, že vzduch do značné vzdálenosti sleduje jeho tvar a teprve v zadní části dochází k poměrně malému turbulentnímu proudění. O podobně varovaných tělesech říkáme, že mají proudnicový tvar. Odpor je u těles proudnicového tvar velmi malý, nemusí dosahovat ani 5%, v porovnání s kolmou deskou. (obr. 4)



Obr. 4. Odpor proudnicového tvaru

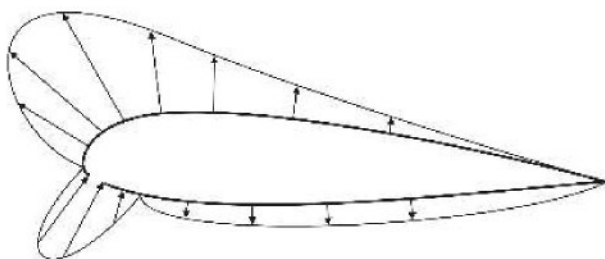
3.3 Vztlak a odpor

Vztlak

Na obrázku 5 je nakreslena plocha řezu, dále jen letecký profil. Kolem něj jsou

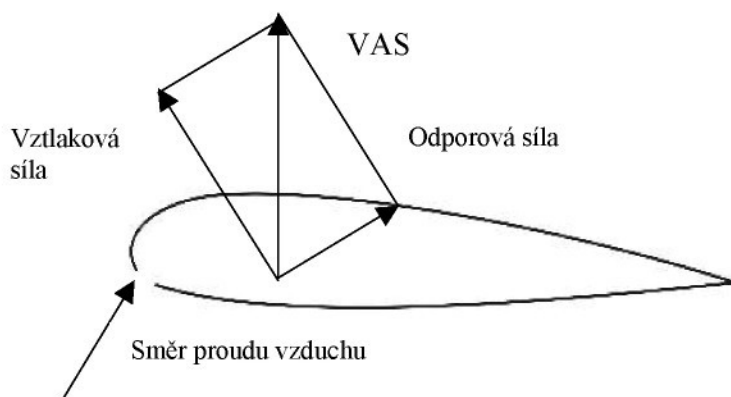
dráhy několika částic vzduchu, které se až do okamžiku ovlivnění křídlem (vrchlíkem) nacházely v těsném sousedství. Nyní se však musí rozdělit. Ale dráhy, po kterých jsou nuceny tyto částice vzduchu proudit, nejsou na vrchní straně stejně dlouhé. Vrchní část je klenutější a tedy i delší než spodní, přesto se obě vzduchové částice musí na konci profilu v jeho odtokové části setkat. V opačném případě by začal vzduch někde chybět a jinde přebývat, což není v aerodynamice nízkých rychlostí možné. Protože tedy vrchní částice musí svou delší dráhu urazit ve stejném čase, musí být také rychlejší. Tím se nahoře sníží statický tlak v blízkosti profilu více, než dole. Výsledkem tohoto rozdílu tlaků vzduchu na vrchní a spodní straně profilu je aerodynamická síla.

Na obrázku 6 vidíme rozložení tlakových sil na leteckém profilu (řezu). Na spodní straně je v porovnání s ostatním prostředím statický tlak snížen mnohem méně, než na vrchní straně. Síly, které těmito tlakovými rozdíly vznikají jsou znázorněny vektory, jejichž směr a velikost korespondují se směrem a velikostí zobrazované síly.



Obr. 6. Rozložení tlakových sil na leteckém profilu

Celkovou silou působící na vrchlík je tzv. výsledná aerodynamická síla (VAS). Tuto VAS pro jednodušší další výpočty rozdělujeme na vzlak (složka VAS kolmá na směr pohybu) a odpor (složka působící ve směru pohybu s opačnou orientací). (obr. 7)



Obr. 7. Výsledná aerodynamická síla [1]

3.4 Rovnováha sil

Při létání s padákovými kluzáky probíhá téměř celý let v režimu, který nazýváme ustálený klouzavý let. Tedy let, při němž je rychlost dopředného pohybu i rychlost klesání konstantní a kluzák v žádném směru svého pohybu nezrychluje ani nezpomaluje. Základní podmínku je, že VAS musí vyrovnávat hmotnost kluzáku (včetně hmotnosti pilota atd.). Také jednotlivé složky aerodynamické síly jsou vyrovnávány složkami tíhy. Pokud kterákoli ze dvou proti sobě působících sil nejsou v rovnováze, vyvolává přebytečná síla urychlování ve směru orientace. Např. při přebytku vztlaku by padákový kluzák snižoval rychlost svého klesání, až by začal stoupat a svou rychlost stoupání by pak dále zvyšoval. Naopak při nedostatku vztlaku by se stále zrychlovalo klesání a při přebytku dopředného tahu by kluzák stále zrychloval, zatímco při přebytku odporu by zpomaloval [1].

3.5 Aerodynamičtí součinitelé

Součinitel odporu (C_x)

Tento součinitel je bezrozměrným číslem. Proudnicový tvar má hodnotu součinitele odporu nízkou. Čím je hodnota C_x nižší, tím je těleso aerodynamicky lépe tvarované. Čím nižší je odpor, tím menší je u kluzáků sklon dráhy letu – lepší klouzavost. Klouzavost klasického výsadkového padáku má opačný problém. Aby rychlost klesání parašutisty byla co nejnižší, potřebuje, aby vrchlík kladl vzduchu co největší odpor, tedy aby měl vysoký součinitel odporu. Totéž platí pro záložní padák paraglidisty.

Vzorec pro výpočet odporu: $F_X = C_X \cdot G v_p^2 / 2 \cdot S$ F_X ...odporová síla (2)

Splocha

G ...hustota vzduchu

v_prychlost obtékání [1]

Součinitel vztlaku (C_Y)

Jedná se o bezrozměrné číslo, které vyjadřuje schopnost tělesa vyvodit z daných podmínek vztlakovou sílu. Řada těles žádný vztlak nevyvozuje. Použijeme-li pro

experimentování rovnou deskou, bude při jejím ofukování vznikat nejprve pouze odpor, ale začneme-li ji zvat proti proudu vzduchu, přidá se k odporu (který bude narůstat), také síla kolmá na směr proudu vzduchu – vztlak. Zpočátku byl tedy součinitel vztlaku nulový a se zvětšujícím se úhlem proudu vzduchu, vzhledem k ose desky se začal zvětšovat. Podobně je tomu u proudnicového tvaru, který je symetrický kolem své osy a leteckého profilu, který ovšem vyvozuje vztlak i v případě, že se směr proudu vzduchu shoduje s čarou nazývanou tětiva profilu. Běžný profil je kolem této osy nesymetrický a nulového C_F je u něho možno dosáhnout ofukováním pod záporným úhlem, tedy shora. Úhel, který svírá proud vzduchu s tětivou profilu, nazýváme úhel náběhu. (viz obr. 7)

Vzorec pro výpočet vztlaku: $F_Y = C_Y \cdot G v_p^2 / 2 \cdot S$ F_Y ...vztlaková síla (3)
 Splocha
 G ...hustota vzduchu
 v_p ...rychlost obtékání [1]

Součinitel vztlaku i odporu, jsou u většiny těles závislé na směru proudu vzduchu. Nemůžeme tedy danému tělesu přiřadit určitou hodnotu těchto součinitelů, protože jejich hodnota se mění v závislosti na úhlu náběhu.

Třecí odpor

Vzniká třením vzduchu o povrch tělesa, přitom jeho velikost závisí na jakosti povrchu. Dalšími složkami aerodynamického odporu je dále odpor interferenční a indukční.

Mezní vrstva

Třecí odpor je úzce spjat s existencí mezní vrstvy. Vystavíme-li proudu vzduchu tenkou desku, zjistíme, že částice vzduchu přilehlé těsně k povrchu se o jeho nerovnosti brzdí nebo zastaví. Jedná se o nerovnosti, které nelze vidět pouhým okem – mikroskopické trhlínky, póry atd. Jednotlivé vzduchové molekuly jsou nuceny tyto nerovnosti obtékat a díky své viskozitě ulpívají na povrchu tělesa. Další vrstva vzduchu je již schopna se po takto vzniklém „polštáři“ pohybovat, ale díky vzájemným přitažlivým silám jednotlivých molekul (viskozitě) jen velmi pomalu. Se zvyšující se vzdáleností od povrchu tělesa, se rychlost vzdušných vrstev postupně zrychluje, dokud

nedosáhne rychlosti neovlivněného proudu. Vrstva od povrchu tělesa po nerušený proud se nazývá mezní a může mít tloušťku několik milimetrů až centimetrů.

Reynoldsovo číslo (Re)

Poměr setrvačných a třecích sil vzduchového proudu. Čím je Re vyšší, tím menší vliv mají třecí síly částic vzduchu na celkový odpor [1].

3.6 Letecký profil a vrchlík padákového kluzáku

Aerodynamické síly fungují u padákových kluzáků stejně jako u křídel popsaných výše. U vrchlíků padákových kluzáků není tvar profilu dán pevnou konstrukcí, nýbrž je udržován přetlakem uvnitř vrchlíku.

3.7 Vliv prodyšnosti na letecké vlastnosti

Uvnitř vrchlíku působí tlak vzduchu, který se plní otvory na náběžné hraně. Vzduch se tlačí zevnitř ven, čímž snižuje aerodynamickou sílu (vztlak) a následně zapříčiňuje snížení výkonu, který může poklesnout až na hranici odtržení proudnic. Nastane tzv. propadavý let, kdy hrozí pilotovi nebezpečí!

Zvýšení propustnosti je tedy velmi nežádoucím jevem, protože do určité meze snižuje výkon kluzáku a při překročení této meze může zavinit nehodu (viz příloha č. 7).

4 Analýza parametrů a vlastností textilií, spojů a nití kluzáku

4.1 Vlastnosti textilií

4.1.1 Materiálové složení

Pro výrobu textilie ze které se šijí padákové kluzáky se dnes používá téměř výhradně vysoko-pevnostního vlákna na bázi polyamidu 6.6. (známe také pod obchodním označením Nylon). Největším dovozcem materiálů pro výrobu padákových kluzáků jsou dnes firmy NCV Industries (příloha č. 8), Carington Novare, Polyant, Teijin nebo Torray.

V České republice se pro výrobu používá jednak domácí vlákno Chemlon, ze kterého se vyrábí sice těžší, ale velmi odolný materiál „Uparsin“. Ten výrobci používají k výrobě v provozu těžce zkoušených školních kluzáků nebo, tak jako v případě řady zahraničních výrobců, vlákno firmy ICI. Za ta léta, co se u nás materiál z tohoto vlákna vyrábí, byla vyvinuta řada různých modifikací a látky dostaly spoustu názvů (Urchasa, Uzarin, Uparsineta, Uglid apod.)

Současné materiály dosahují velmi malých hmotností od 45 g/m² až po 20 g/m² a to při zachování původní pevnosti [1].

Faktory ovlivňující propustnost textilie

Na propustnost textilie působí nespočet vlivů. Klíčovým je samotné používání kluzáku, čili hodiny letu. Zcela nový Skytex propustí přibližně jeden litr vzduchu za 600 sekund plochou 1dm². Po přibližně 100 letových hodin je propustnost asi čtyřikrát větší.

Textilie stárne rychleji, je-li vystavována většímu opotřebení. Jednou z nejhorších činností je pozemní manipulace, při níž se materiál otírá o povrch a podléhá mechanickému poškození.

Dalším faktorem je přímé sluneční záření, resp. jeho UV složka. Následné fototechnické procesy způsobené dlouhým sluněním mají za následek nejen ztrátu prodyšnosti, ale i pevnosti. (S nadmořskou výškou se intenzita UV záření zvyšuje!)

Kromě ultrafialového záření škodí vrchlíku také dlouhodobě působící vlhkost, která může do vrchlíku zapustit případné nečistoty.

4.1.2 Vazba tkaniny

K výrobě vrchlíku se používá technické tkaniny – většinou z polyamidového vlákna. Na první pohled je charakteristický svou „mřížkovitou“ strukturou odborně nazývanou protizádrhová mřížka (Rip Stop). Jejím účelem je zabránit dalšímu samovolnému trhání látky po jejím poškození (natrhnutí).

4.1.3 Zátěr

Materiál skutečně vhodný pro použití na padákových kluzácích dělá z tkaniny až zátěr chemickou látkou. Díky němu se stává pro vzduch téměř nepropustnou což je klíčová vlastnost pro dosažení dobrých letových vlastností a výkonů z ní ušitých kluzáků.

Firma NCV Industries vyrábí několik typů Skytexu členící se podle druhu impregnace a to na:

Impregnace E38A – Základní impregnace, která umožňuje látce udržet si konstantní prodyšnost v průběhu času. Je určena pro výrobu horních a spodních potahů. Základem v chemickém vzorci je zde polyuretan.

Impregnace E77A – Oboustranně aplikovaný, vodu odpuzující typ, určený též pro výrobu potahů. Piloti a výrobci kluzáků mají s touto impregnací pozitivní zkušenost zejména proto, že dobře uchovává vizuální aspekt kluzáku, tedy že má vyšší ochranný faktor.

Impregnace E29A – Dodává látce tuhý a pevný aspekt a používá se výhradně na výrobu žeber.

Impregnace E85A – nejnovější typ impregnace vyvinutá v akvatické bázi. Vývoj tohoto zátěru byl plánován z ekologických důvodů. Podle prvních laboratorních a praktických zkušeností bude tato textilie vzhledově stárnout pomaleji a především si zachová prodyšnost materiálu [5].

Hlavními požadavky na materiál je tedy pevnost, minimální prodyšnost, odolnost vůči UV záření, prachu a žáru a minimální hmotnost.

4.2 Ostatní materiály

Šicí nitě

Látka vrchlíku je sešita nitěmi pro zvláštní účely, jejichž pružnost je stejná jako pružnost vrchlíku. Při prudkých silových rázech nebo při kolapsech vrchlíku by vlivem rozdílné pružnosti mohlo dojít k rozřiznutí textilie. Většinou se jedná o nitě polyesterové.

Výrobce nití je např. společnost Hedva Šumperk či firma Barbour- Coats a další.

4.3 Charakteristika požadavků na šité spoje

4.3.1 Oddělovací proces:

Nakládání:

Stříhárny kluzáků bývají vybaveny stoly dlouhými 6, 8 případně až 10 m. Nakládá se ručně obvykle L-R, orientovaně. Nálože nejsou vysoké – maximálně 20 vrstev. Záleží na typu materiálu.

Oddělování:

Oddělování se provádí pomocí ručních nebo elektrických nůžek, popř. mechanických řezacích strojků. Větší firmy používají cuttery, které oddělují v jedné vrstvě. Jsou vybaveny několika vyměnitelnými řezacími nástroji. Po výřezu, mohou automaticky provézt označení jednotlivých dílů.

Poutka, šňůry a volné konce se oddělují pomocí speciálních řezacích strojků pro řezání za tepla. Ten zajistí syntetický materiál zatavením konců, tzv. "spečením" a tím zabrání jejich následnému vytřepeání.

4.3.2 Spojovací proces:

Pro Českou republiku je typická kusová výroba. Zahraniční firmy přistupují častěji k masovému způsobu výroby, který je adekvátní k velké poptávce ve světě. Jedna z největších velkovýroben je na Srý Lance.

Nejedná-li se tedy o hromadnou výrobu, celý výrobek zpracuje švadlena a každý

pracovník podílející se na zhotovení kluzáku je uveden na výrobním protokolu (příloha č.9). Není tedy problém se zpětnými reklamami.

Použité stehy

Vrchlíky padáků se šijí nejčastěji čtyřnitým vázaným stehem (2 x 301). Dvoujehlový šicí stroj má rozpích 10 resp. 8 mm a délku stehu 4,5 mm.

Klikatý steh třídy 304 slouží k upevnění výztuh u žebrových dílů a k zakřížkování (upevnění) šňůr kluzáku. Křížkový steh se neuzašívá, ale u každé šňůry pracovník zajistí konce nití zatavením nad kahanem. Tato práce je velmi náročná na přesnost, případné natavení šňůry by mělo za následek brzký přetrh nitě!

Použité švy

Patří sem především šev hřbetový, jímž je sešit v podstatě celý vrchlík. Dále pak šev přeplátovaný, používaný pro spojení žeber s výztuhami. A konečně pak šev podehnutý obrubovací, prošitý dvěma řadami stehů s vložením krajovky pro vyztužení. Zhotovuje se na náběžné straně vrchlíku a při konečném zapravení vrchlíku.

Hlavní požadavek je kladen na pevnost švů, zejména pak místa všití poutek. Zde musí dojít k zapoštění, jinak lze takové poutko lehce vytrhnout.

Existují dva způsoby sešívání dílů designu. Zvolení jednoho ze způsobů není závislé na složitosti designu, nýbrž je jednoduše typický pro danou firmu.

Prvním klasickým způsobem je hřbetový šev, sešíváný čtyřnitým vázaným stehem (2 x 301), kde se sešívají zároveň dva díly spodního potahu a žebro.

Druhý modernější způsob tvoří jednoduchý přeplátovaný šev (steh 301), kdy je spojen jeden díl spodního potahu a žebro. V tomto případě je počet dílů horního i spodního potahu poloviční. Výhodou je zeslabení objemu švu, tudíž i menší odpor vzduchu při letu. Nevýhoda spočívá v řádku stehů viditelném na lici kluzáku, čímž hrozí nebezpečí porušení, popř. roztržení švu.

Použité šicí stroje

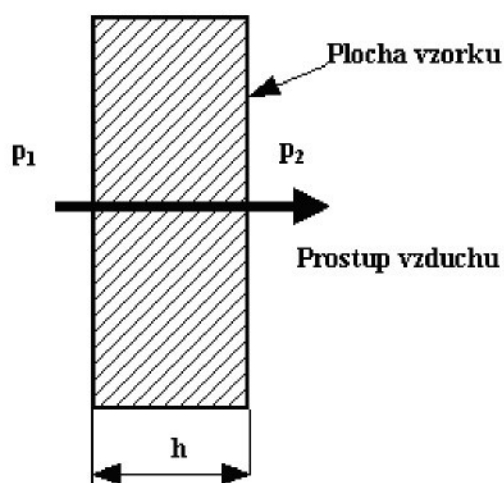
Pro konfekcionování kluzáků se používají běžné průmyslové šicí stroje (např. Minerva), za předpokladu seřízení na používané jemné materiály. Výroba šňůr vyžaduje speciální patku, která zajistí posun šňůr. Dále jsou dílny vybaveny stroji na těžkou konfekci pro šití popruhů, postrojů apod.

5 Metodika měření prodyšnosti a experimentální ověření prodyšnosti

Záměrem zkoušky je postupným měřením a eliminováním nevhodných faktorů dospět k takové kombinaci nitě a jehly, která by splňovala požadavek minimální prodyšnosti a přitom umožňovala finančně nenáročnou výrobu. Vlivem těchto poznatků by došlo k prodloužení životnosti kluzáku a tím i posunutí hranice pasivní bezpečnosti.

5.1 Pojem prodyšnost

Prostup vzduchu – prodyšnost



Obr. 8. Rozdíl tlaků

Prostup vzduchu, jinak též zvaná prodyšnost je vlastnost, která zásadně ovlivňuje fyziologický komfort textilií. Se vzduchem textilií prostupuje také vlhkost a teplo. Podobně jako u prostupu tepla, také zde hovoříme o určitém gradientu prostupu, který zde nazveme jako tlakový spád, což je rozdíl tlaků před a za textilií, jak je znázorněno na obrázku 8. Tlak před textilií je větší, než tlak za textilií $p_1 > p_2$.

Za předpokladu klimatizovaných vzorků a měření za normalizovaných podmínek (teplota 20 °C a 65% vlhkosti) nebude docházet v textilií ke změnám (jejímu vysušování nebo zavlhčování) a děj při měření bude stacionární [4].

5.2 Metodika měření

Pro měření byl vybrán porosimetr JDC MK1 firmy Axispara, protože tyto typy přístrojů jsou určeny k měření prodyšnosti látek typu Skytex. Existují i další typy měřících zařízení, ale pro tuto bakalářskou práci je porosimetr maximálně vyhovující.

Podstata zkoušky :

Měříme čas, za který projde 0,25 litru vzduchu, při tlaku 10 mbar, přes 38,4 cm² zkoušené textilie.

Vzorek : velikost vzorku se řídí parametry upínací hlavice přístroje.

Přístroj : Porosimetr JDC MK1 (příloha č. 10)

Aplikace :

- Rychlý test porosity textilie, např. pro výroby padákových kluzáků
- Měření degradace textilie – varování uživatelů před nebezpečím degradace vrchlíku
- Zjištění aktuálního stavu použitého kluzáku
- Laboratorní studie oděvních textilií (zátěrů apod.)

Postup zkoušky:

Zkušební vzorek se upne do kruhového držáku vzorku s použitím dostatečného napětí, které zabrání vzniku záhybů. Je třeba dbát na to, aby upnutá plocha textilie nebyla deformována. Je třeba se vyhnout švům, zmačkaným místům a skladům.

Zkouška se opakuje za stejných podmínek minimálně pětkrát na různých místech zkušební vzorku [7].

Vzorec pro výpočet prodyšnosti při tlaku 2000 Pa :

$$R = 5400 / t \quad \begin{array}{ll} R... & \text{prodyšnost [l/m}^2\text{/min]} \\ t... & \text{naměřený čas v sekundách} \\ 5400... & \text{převodní konstanta [6]} \end{array} \quad (4)$$

5.3 Laboratorní ověření prodyšnosti textilie

Předem nutno říci, že všechna měření budou prováděna na jednom typu textilie, jedné barvy - modré. Různé barevné odstíny textilie totiž vykazují odlišnou prodyšnost.

Příprava vzorků i vlastní postup zkoušky odpovídají normě ČSN EN ISO 9237

Zkoušený materiál: vzorky textilie Skytex 9017, E77A firmy NCV Industries

Měřicí zařízení: Porosimetr JDC (majetek firmy Axispara)

Upínací délka: 38,4 cm²

Výsledky měření:

Tab. I – Textilie Skytex 9017, E77A

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	583,1	2,82	7,95
2	565,1	42,72	1824,99
3	489,7	-73,58	5414,02
4	525,2	60,72	3686,92
5	448,8	-32,68	1067,98
Σ	2611,9	-	10176,87

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 2611,9 / 5 = 522,38 \text{ s (t)}$ (5)

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 10176,87 / 5 = 2035,37 \text{ s}$ (6)

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 45,12 \text{ s}$ (7)

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 8,64 \%$ (8)

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 522,38 = \underline{10,34} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Zhodnocení :

Naměřené hodnoty byly velmi rozdílné, avšak všechny splňovali toleranci uváděnou výrobcem. Vlastnosti textilie zůstávají od hranice 500 s výše stejné.

Nutno podotknout, že zátěr rychle ztrácí svoji vlastnost nízké prodyšnosti. Již po krátké manipulaci je zátěr narušen a prodyšnost začíná stoupat.

5.4 Laboratorní ověření prodyšnosti řádku stehů s kombinacemi jehly a nití

Cílem měření je zjistit vliv jehly a nitě na propustnost stehu. Pro experiment jsem zvolila nitě i jehly firmy Axispara, protože vycházím z jejich ověřené technologie normované parametry jehel a nití.

Zkoušený materiál: vzorky textilie 9017, E77A firmy NCV Industries

Použitá šicí nit: Bonded Nylon 40, 60

Použité šicí jehly:

- firmy SCHMETZ - 12/80 (134 R, 135x5, SY 1955, DPx5)
 - 14/90
 - 16/100 (134 R SERV 7, 135x5 SERV 7, DPx5 SERV 7)

kde:

č.12-16 znamená jemnost jehly podle metrického číslování (údaj je 100xØ jehly)

č. 80-100 je číslování podle SINGER

Měřicí zařízení: Porosimetr JDC (majetek firmy Axispara)

Upínací délka: 38,4 cm²

Příprava vzorků:

Na textilií je stehem třídy 301 přišit vzorek materiálu (kruh Ø 70 mm = 38,4 cm²) danými šesti kombinacemi. Steh má 4,5 mm v délce 40 mm. Počet vpichů je vždy 9 a počet stehů 8 (viz příloha č. 11).

Výsledky zkoušek:

Tab. II – Použitá šicí nit 60, jehla 12/80

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	55,8	5,9	34,81
2	49,4	-0,5	0,25
3	46,3	-3,6	12,96
4	52,1	3,1	9,61
5	45,9	-4	16
Σ	249,5	-	73,63

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 249,5 / 5 = 49,9 \text{ s (t)}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 73,63 / 5 = 14,73 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 3,84 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 7,69 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 49,9 = \underline{108,22 \text{ l/m}^2/\text{min}}$

Výsledky zkoušek:

Tab. III – Použitá šicí nit 60, jehla 14/90

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	57,2	6,98	48,7204
2	48,7	-1,52	2,3104
3	51,8	1,58	2,4964
4	47,3	-2,92	8,5264
5	46,1	-4,12	16,9744
Σ	251,1	-	79,028

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 251,1 / 5 = 50,22 \text{ s (t)}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 79,028 / 5 = 15,806 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 3,976 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 7,916 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 50,22 = \underline{107,53} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Výsledky zkoušek:

Tab. IV – Použitá šicí nit 60, jehla 16/100

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	21,5	1,68	2,8224
2	20	0,18	0,0324
3	19,2	-0,62	0,3844
4	18,9	-0,92	0,8464
5	19,5	-0,32	0,1024
Σ	99,1	-	4,188

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 99,1 / 5 = 19,82 \text{ s (t)}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 4,188 / 5 = 0,838 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 0,915 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 4,62 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 19,82 = \underline{272,45} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Výsledky zkoušek:

Tab. V – Použitá šicí nit 40, jehla 12/80

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	47,4	2,28	5,1984
2	43,7	-1,42	2,0164
3	45,1	-0,02	0,0004
4	45,3	0,18	0,0324
5	44,1	-1,02	1,0404
Σ	225,6	-	8,288

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 225,6 / 5 = 45,12 \text{ s (t)}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 8,288 / 5 = 1,628 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 1,276 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 2,828 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 45,12 = \underline{119,68} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Výsledky zkoušek:

Tab. VI – Použitá šicí nit 40, jehla 14/90

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	33,7	-4,4	19,36
2	40,2	2,1	4,41
3	38,4	0,3	0,09
4	39,6	1,5	2,25
5	38,6	0,5	0,25
Σ	190,5	-	26,36

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 190,5 / 5 = 38,1 \text{ s (t)}$

$$\text{Rozptyl} \rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 26,36 / 5 = 5,272 \text{ s}$$

$$\text{Směrodatná odchylka} \rightarrow s = \sqrt{s^2} = 2,296 \text{ s}$$

$$\text{Variační koeficient} \rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 6,03 \%$$

$$\text{Prodyšnost} \rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 38,1 = \underline{141,73} \text{ l/m}^2/\text{min}$$

Výsledky zkoušek:

Tab. VII – Použitá šicí nit 40, jehla 16/100

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	28	-0,38	0,1444
2	28,4	0,02	0,0004
3	27,6	-0,78	0,6084
4	29,1	0,72	0,5184
5	28,8	0,42	0,1764
Σ	141,9	-	1,448

$$\text{Aritmetický průměr} \rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 141,9 / 5 = 28,38 \text{ s (t)}$$

$$\text{Rozptyl} \rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 1,448 / 5 = 0,29 \text{ s}$$

$$\text{Směrodatná odchylka} \rightarrow s = \sqrt{s^2} = 0,538 \text{ s}$$

$$\text{Variační koeficient} \rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 1,896 \%$$

$$\text{Prodyšnost} \rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 28,38 = \underline{190,27} \text{ l/m}^2/\text{min}$$

Zhodnocení:

Z výsledků měření je zřejmé, že prošití textílie se razantně promítne na propustnosti vzduchu a to v negativním smyslu. Jako nejlepší se ukázaly první dvě kombinace jehel a nití (jehly 12/80, 14/90 a nit 60), ale tyto hodnoty jsou velmi zanedbatelné a proto je nutno hledat další možná zlepšení pomocí jiných technologií.

5.5 Laboratorní ověření prodyšnosti švu

Měření je zaměřeno na zkoumání rozdílů v prodyšnostech švů. A to u hřbetového švu zhotoveného čtyřnitným vázaným stehem (2 x 301) používaného při výrobě. Tento šev bude zachován, dojde pouze k jeho zajištění dalším prvkem.

Při druhém měření se do švu, mezi řádek stehů, vloží oboustranná lepicí páska. Tato technologie se v současnosti začala používat u kitů na vodu. Lepicí páska částečně zamezí úniku vzduchu zevnitř a vnikání vody dovnitř vrchlíku.

Třetím vzorkem bude šev z vnějšku zajištěný opravnou samolepicí textilií. Jedná se o Skytex opatřený z rubní strany adhezivní vrstvou. Délka švu se zalepí páskem opravné samolepicí textilie v šíři 1cm.

Zkoušený materiál: vzorky textilie 9017, E77A firmy NCV Industries

Použitá šicí nit: Bonded Nylon 60

Měřicí zařízení: Porosimetr JDC (majetek firmy Axispara)

Upínací délka: 38,4 cm²

Příprava vzorků:

Jak již víme, hlavice měřicího zařízení je konstruována tak, aby zabránila jakémukoli úniku vzduchu.

Chceme-li ovšem zjišťovat prodyšnost švu, nelze vzorek jednoduše upnout do hlavice. Došlo bychom k falešným výsledkům. Zkonstruovat jinou upínací hlavici by bylo velmi náročné. Proto bylo použito opravné samolepicí textilie tak, že byl vystřižen vzorek textilie se zhotoveným švem velikosti 38,4 cm² (otvor v upínací hlavici, plocha pro vlastní měření) a zachycen opravnou samolepicí textilií v geometrickém středu druhé textilie (viz příloha č. 13).

Pro větší přesnost je nutné zvolenou metodikou měření stanovit i výchozí hodnoty prodyšnosti neporušené textilie!

Výsledky zkoušek:

Tab. VIII – Textilie Skytex 9017, E77A

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	466,2	21,02	441,84

2	476,1	30,92	956,05
3	399,3	-45,88	2104,97
4	427,8	-17,38	302,06
5	456,5	11,32	128,14
Σ	2235,9	-	3933,06

Aritmetický průměr → $\bar{x} = \Sigma x_i / n = 2225,9 / 5 = 445,18 \text{ s (t)}$

Rozptyl → $s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 3933,06 / 5 = 786,612 \text{ s}$

Směrodatná odchylka → $s = \sqrt{s^2} = 28,047 \text{ s}$

Variační koeficient → $v = s * 10^2 / \bar{x} = 6,3 \%$

Prodyšnost → $R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 445,18 = \underline{12,13} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Zhodnocení:

Zvolený způsob vykazuje menší odchylky od textile měřené samostatně, které pravděpodobně vznikly chybným měřením přístroje. Upínací hlavice částečně nasává vzduch místem uchycení měřeného vzorku. Odchylky však nejsou markantní a budeme je zanedbávat.

Výsledky zkoušek:

Tab. IX - Šev nelepený (301 2j4n, vel.3,5)

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	14,3	0,52	0,2704
2	13,7	-0,08	0,6084
3	14,2	0,42	0,1764
4	13,7	-0,08	0,0064
5	13	-0,78	0,6084
Σ	68,9	-	1,67

Aritmetický průměr → $\bar{x} = \Sigma x_i / n = 68,9 / 5 = 13,78 \text{ s (t)}$

Rozptyl → $s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 1,67 / 5 = 0,334 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 0,578 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 4,194 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 13,78 = \underline{\underline{391,87 \text{ l/m}^2/\text{min}}}$

Zhodnocení:

Výsledky měření ukazují, že šev používaný při hotovení kluzáku je velmi prodyšný, tedy jím uniká velké množství vzduchu. Při zachování této technologie doporučuji zvolit nit a jehlu zabraňující co nejmenšímu prostupu vzduchu. Viz předchozí měření.

Výsledky zkoušek:

Tab. X - Šev lepený (301 2j4n, vel.3,5)

Měření č.	$x_i [\text{s}]$	$x_i - \bar{x} [\text{s}]$	$(x_i - \bar{x})^2 [\text{s}]$
1	17,2	-0,22	0,0484
2	17,8	0,38	0,1444
3	17,3	-0,12	0,0144
4	18,2	0,78	0,6084
5	16,6	-0,82	0,6724
Σ	87,1	-	1,488

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 87,1 / 5 = 17,42 \text{ s}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 1,488 / 5 = 0,298 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 0,546 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 3,134 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 17,42 = \underline{\underline{309,99 \text{ l/m}^2/\text{min}}}$

Zhodnocení:

Šev zajištěný oboustrannou lepicí páskou propouští méně než šev klasický. Tato technologie znamená menší náklady než použití opravné samolepicí textilie. Avšak snížení propustnosti je poměrně zanedbatelné a technologie zpracování by byla časově náročnější a proto tento způsob nebyl doporučen.

Získané výsledky proto nebudou dále zpracovávány a aplikovány na celou plochu kluzáku.

Výsledky zkoušek:

Tab. XI - Šev přelepený opravnou samolepicí textilií (301 2j4n, vel.3,5)

Měření č.	x_i [s]	$x_i - \bar{x}$ [s]	$(x_i - \bar{x})^2$ [s]
1	458,9	6,46	41,73
2	479,0	26,56	705,43
3	441,4	-11,04	121,88
4	436,5	-15,94	254,08
5	447,1	-5,34	28,52
Σ	2262,2	-	1151,64

Aritmetický průměr $\rightarrow \bar{x} = \Sigma x_i / n = 2262,2 / 5 = 452,44 \text{ s}$

Rozptyl $\rightarrow s^2 = \Sigma (x_i - \bar{x})^2 / n = 1151,64 / 5 = 230,33 \text{ s}$

Směrodatná odchylka $\rightarrow s = \sqrt{s^2} = 15,18 \text{ s}$

Variační koeficient $\rightarrow v = s * 10^2 / \bar{x} = 3,36 \%$

Prodyšnost $\rightarrow R = 5\,400 / t(\bar{x}) = 5\,400 / 452,44 = \underline{11,94} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Zhodnocení:

Zkoušený šev kluzáku zajištěný opravnou samolepicí textilií se ukázal jako nejméně prodyšný. Dokonce takto předčí původní prodyšnost nové textilie.

Nyní je třeba aplikovat zjištěné poznatky na plochu celého kluzáku a následný vliv pro letovou praxi.

6 Uplatnění poznatků na výkon a bezpečnost letu

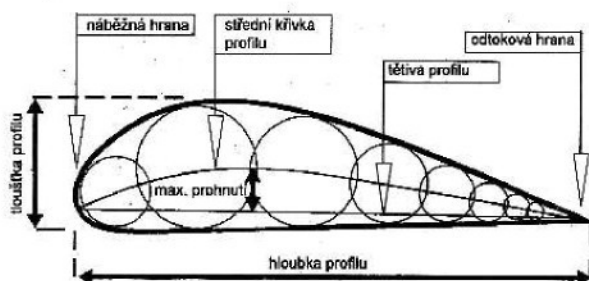
V předchozí kapitole je zpracováno měření vzorku tkaniny a švů. Nyní je potřeba stanovit rozbor vlivu naměřených výsledků pro letovou praxi.

Podobně jako automobily prochází technickou kontrolou, stejně tak i padákové kluzáky absolvují jednou za rok technickou kontrolu. Ke každému novému kluzáku je výrobce povinen vystavit technický průkaz padákového kluzáku (TePPK). Má platnost dva roky a poté se prodlužuje vždy na jeden rok až do okamžiku, kdy jej výrobce shledá neletuschopným [2]. (Příloha č. 14)

Empiricky je vyzkoušeno, že na hranici 5 sekund kluzák ztrácí své vlastnosti. Výrobce textilie doporučuje výrobcům padákových kluzáků, že pokud při technické kontrole naměří méně jak 5 s, musí být kluzák vyřazen z provozu.

6.1 Rozložení tlaků

Protože tlakové pole kolem křídla je velmi složité (viz. kapitola aerodynamiky) , nahradila jsem poměr přetlaku uvnitř a podtlaku vně křídla (nahore i dole) představou poměrného rozdílu tlaku – tlakový spád. Toto nahrazení je běžně v praxi používané například při technických kontrolách padákových kluzáků (viz výše). V těchto výpočtech je toto nahrazení možné zejména z důvodu, že nám nejde ani tak o číselné hodnoty tlaků a z nich plynoucí úniky vzduchu jako o poměrné hodnoty mezi úniky způsobenými švy a úniky způsobenými prodyšnostmi tkaniny.



Obr. 9. Letecký profil

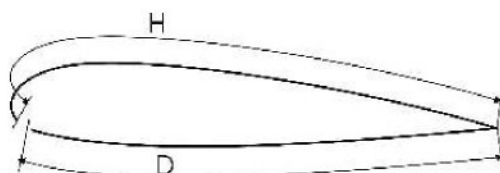
Na obrázku 9 je nakreslen obecný profil aerodynamiky nízkých rychlostí. Tvar profilu je charakterizován těmito geometrickými charakteristikami:

- a) *náběžná hrana*
- b) *odtoková hrana*
- c) *tětiva profilu*
- d) *hloubka profilu*

Tětiva profilu prochází středem náběžné hrany a odtokové hrany. Délka tětivy je hloubkou profilu [1].

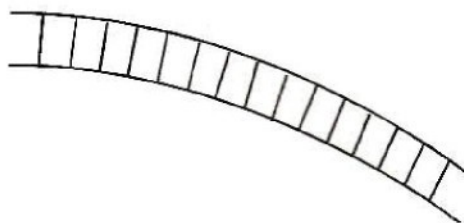
6.2 Výpočet plochy a celkové délky švů padákového kluzáku

Padákový kluzák je konstruován tak, že se sešijí profily a v průmětu lichoběžníkové díly. Plochu křídla je pak možno stanovit jako součet plochy těchto lichoběžníkových dílů (obr. 10).



Obr. 10. Délka horního a dolního potahu

Prostor mezi dvěma profily se nazývá komora. Každý výrobce používá jinou šířku i výšku komory. Tyto hodnoty se vždy odvíjí od velikosti profilu. Ale obecně čím užší je komora, tím výkonnější je kluzák (obr. 11.).

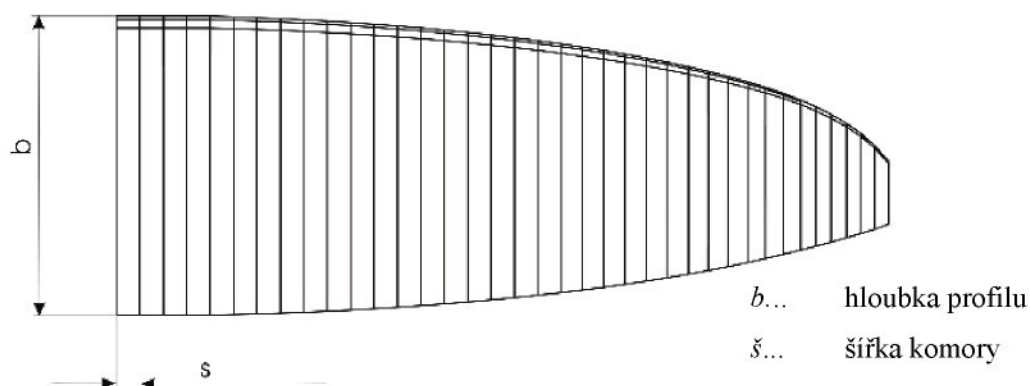


Obr. 11. Komory části kluzáku

Vzorec celkové délky švů vrchlíku:

$$dS = (\sum H_i + \sum D_i) \cdot 2$$

$dS \dots$	délka švů vrchlíku	(9)
$H \dots$	délka horního potahu	
$D \dots$	délka dolního potahu	
$i = 1 \div n, n \dots$	počet komor	



Obr. 12. Půdorys ½ vrchlíku

Vzorec plochy vrchlíku:

$$SV = (\Sigma SH_i + \Sigma SD_i) \cdot 2 \quad SV... \text{ plocha vrchlíku} \quad (10)$$

$SH...$ ½ plochy horního potahu

$SD...$ ½ plochy dolního potahu

$i = 1 \div n, n...$ počet komor

Z rozměrových hodnot – hloubka profilu a šířka komory, poskytnutých firmou Axispara, byla odvozena plocha vrchlíku a celková délka švů. Jedná se o závodní kluzák Mercury velikosti L. (Příloha č. 15)

Tab. XII – Rozměry vrchlíku

žebro	b [cm]	š [cm]	H [cm]	D [cm]	SH [cm ²]	SD [cm ²]
1	263,100	19,504	285,70	254,80	2786,15	2484,81
2	263,100	19,504	285,70	254,80	5572,29	4969,62
3	263,100	19,504	285,70	254,80	5572,29	4969,62
4	263,100	19,504	285,70	254,80	5572,29	4969,62
5	263,100	19,504	285,70	254,80	5572,29	4969,62
6	262,066	19,504	284,58	253,80	5561,34	4959,85
7	260,765	19,504	283,16	252,54	5536,62	4937,80
8	259,219	19,504	281,49	251,04	5506,47	4910,91
9	257,423	19,504	279,54	249,30	5471,08	4879,35
10	255,372	19,504	277,31	247,32	5430,34	4843,02
11	253,061	19,504	274,80	245,08	5384,15	4801,82
12	250,481	19,504	272,00	242,58	5332,35	4755,63
13	247,626	19,504	268,90	239,81	5274,80	4704,30
14	249,484	19,504	270,91	241,61	5264,24	4694,88
15	241,044	19,504	261,75	233,44	5194,54	4632,72

16	237,302	19,504	257,69	229,82	5065,53	4517,67
17	233,219	19,504	253,25	225,86	4982,67	4443,77
18	228,801	19,504	248,45	221,58	4892,65	4363,48
19	224,021	19,504	243,26	216,95	4795,24	4276,61
20	218,854	19,504	237,65	211,95	4689,91	4182,67
21	219,779	17,6	238,66	212,85	4191,54	3738,20
22	208,458	17,6	226,36	201,88	4092,19	3649,60
23	202,688	17,6	220,10	196,29	3928,87	3503,95
24	196,494	17,6	213,37	190,30	3814,55	3401,98
25	189,833	17,6	206,14	183,84	3691,71	3292,43
26	182,653	17,6	198,34	176,89	3559,44	3174,47
27	175,378	16,53	190,44	169,85	3213,31	2865,77
28	167,522	16,53	181,91	162,24	3077,51	2744,66
29	150,815	16,53	163,77	146,06	2857,06	2548,05
30	141,916	14,6	154,11	137,44	2320,50	2069,52
31	132,155	14,6	143,51	127,99	2172,58	1937,60
32	122,812	14,6	133,36	118,94	2021,14	1802,54
33	112,461	12,7	122,12	108,91	1622,32	1446,85
34	100,796	12,7	109,45	97,62	1470,50	1311,46
35	100,796	12,7	109,45	97,62	1390,07	1239,73
36	88,573	11,6	96,18	85,78	1192,69	1063,69
37	74,070	11,6	80,43	71,73	1024,36	913,57
38	55,536	11,6	60,31	53,78	816,29	728,00
39	40,174	7	43,62	38,91	363,76	324,42
40	0	0	0	0	0	0
			8314,89	7415,59	150277,61	134024,28
			83,15 m	74,16 m	15,03 m ²	13,4 m ²

Celková délka švů vrchlíku $\rightarrow dS = (\Sigma H_i + \Sigma D_i) \cdot 2 = (83,15 + 74,16) \cdot 2 = \underline{314,61} \text{ m}$ (11)

Plocha vrchlíku $\rightarrow SV = (\Sigma SH_i + \Sigma SD_i) \cdot 2 = (15,03 + 13,4) \cdot 2 = \underline{56,86} \text{ m}^2$ (12)

6.3 Srovnání prostupu vzduchu klasické technologie a technologie přelepených švů

6.3.1 Přepočet průtoku vzduchu na jednotku délky

Není podstatné absolutní množství uniklého vzduchu, ale poměr mezi švem a tkaninou. Výpočet lze aplikovat na jeden díl vrchlíku, ale myslím, že z celé plochy vrchlíku bude výsledek jasnější.

Při výpočtu propustnosti přes vzorky švů byla zanedbána propustnost tkaniny, protože tato je několikanásobně nižší.

Z parametrů měřicího přístroje a měřeného vzorku textilie lze odvodit vzorec:

Převodní vzorec prodyšnosti na jednotku délky:

$$R_d = \frac{60}{4t} \cdot \frac{100}{7} \cdot 2$$

(13)

R_d ... prodyšnost na jednotku délky [l/m/min]
 t ... čas [s] (průměrný čas zkoušeného vzorku –
prodyšnost švu)

$\frac{100}{7}$... převod z délky vzorku, švu (7 cm) na jednotku délky (1 m)

60... převod sekund na minuty

4... převod 0,25 litru (objem válce) na jednotku objemu (1 l)

6.3.2 Prostup vzduchu

Klasická technologie:

$$\text{Prodyšnost na jednotku délky} \rightarrow R_d = \frac{60}{4t} \cdot \frac{100}{7} \cdot 2 = \frac{60}{4 \cdot 13,78} \cdot \frac{100}{7} \cdot 2 = \underline{\underline{31,1}} \text{ l/m/min}$$

Objem prostupu vzduchu na jednotku délky $\rightarrow$

$$V_d = dS \cdot R_d = 314,61 \cdot 31,1 = \underline{\underline{9784,37}} \text{ l/min} \quad (14)$$

(dS... Celková délka švů)

$$\text{Prodyšnost v ploše vrchlíku} \rightarrow R = 5400 / t = 5400 / 445,18 = \underline{\underline{12,13}} \text{ l/m}^2/\text{min} \quad (15)$$

$$\text{Objem prostupu vzduchu v ploše} \rightarrow V = SV \cdot R = 56,86 \cdot 12,13 = \underline{\underline{689,71}} \text{ l/min} \quad (16)$$

(SV... Plocha vrchlíku)

$$\text{Celkový objem prostupu vzduchu} \rightarrow V_{Cl} = V_d + V = 9784,37 + 689,71 = \underline{\underline{10474,08}} \text{ l/min} \quad (17)$$

$\rightarrow 100\%$

Přelepení švu opravnou samolepící textilií:

$$\text{Prodyšnost na jednotku délky} \rightarrow R_d = \frac{60}{4t} \cdot \frac{100}{7} \cdot 2 = \frac{60}{4 \cdot 452,44} \cdot \frac{100}{7} \cdot 2 = \underline{\underline{0,95}} \text{ l/m/min}$$

Objem prostupu vzduchu na jednotku délky $\rightarrow$

$$V_d = dS \cdot R_d = 314,61 \cdot 0,95 = \underline{297,94} \text{ l/min}$$

(dS... Celková délka švů)

Prodyšnost v ploše vrchlíku $\rightarrow R = 5400 / t = 5400 / 445,18 = \underline{12,13} \text{ l/m}^2/\text{min}$

Objem prostupu vzduchu v ploše $\rightarrow V = SV \cdot R = 56,86 \cdot 12,13 = \underline{689,71} \text{ l/min}$
(SV... Plocha vrchlíku)

Celkový objem prostupu vzduchu $\rightarrow V_{C2} = V_d + V = 297,94 + 689,71 = \underline{987,65} \text{ l/min}$

$$\rightarrow (V_{C2} / V_{C1}) \cdot 100 = 9,43 \%$$

Zhodnocení:

Z výsledků vyplývá, že použitím zalepených švů, bychom docílili poklesu úniku vzduchu švy o více jak 90%. Jako jediný nedostatek se jeví nárůst hmotnosti a hlavně vysoká cena opravné samolepící textilie.

Skutečné vlivy na kluzák a jeho vlastnosti získáme pouze praktickým použitím této metody.

6.4 Uplatnění poznatků na výkon a bezpečnost kluzáku

Tab. XIII – Klasická technologie:

dS·Rd	5400/t			$[V_d/(V_d+R)]_{1-n} \cdot 100$	$[R/(V_d+R)]_{1-n} \cdot 100$	$(V_d+R)_{1-n} / (V_d+R) \cdot 100$
V_d	R	Odhad času letového provozu	Čas po x hodinách provozu	Podíl prostupu vzduchu švy na celkovém prostupu (%)	Podíl prodyšnosti tkaniny na celk. prostupu (%)	Nárůst celkového prostupu (%)
9784,4	307,04	0	1000	96,96	3,04	100,00
9784,4	614,09	0	500	94,09	5,91	103,04
9784,4	767,61		400	92,73	7,27	104,56
9784,4	1023,48		300	90,53	9,47	107,10
9784,4	1535,22	50-100	200	86,44	13,56	112,17
9784,4	3070,44		100	76,11	23,89	127,38
9784,4	3838,05	100-200	80	71,83	28,17	134,99
9784,4	5117,40		60	65,66	34,34	147,67
9784,4	7676,10	150-300	40	56,04	43,96	173,02
9784,4	10234,80		30	48,88	51,12	198,38
9784,4	15352,20	200-400	20	38,92	61,08	249,09
9784,4	30704,40		10	24,17	75,83	401,22
9784,4	61408,80	250-500	5	13,74	86,26	705,48

Tab. XIV – Použití opravné samolepící textilie:

dS·Rd	5400/t			$[V_d/(V_d+R)]_{1-n} \cdot 100$	$[R/(V_d+R)]_{1-n} \cdot 100$	$(V_d+R)_{1-n} / (V_d+R) \cdot 100$
V_d	R	Odhad času letového provozu	Čas po x hodinách provozu	Podíl prostupu vzduchu švy na celkovém prostupu (%)	Podíl prodyšnosti tkaniny na celk. prostupu (%)	Nárůst celkového prostupu (%)
297,9	307,04	0	1000	49,24	50,76	5,99
297,9	614,09	0	500	32,66	67,34	9,04
297,9	767,61		400	27,96	72,04	10,56
297,9	1023,48		300	22,54	77,46	13,09
297,9	1535,22	50-100	200	16,25	83,75	18,17
297,9	3070,44		100	8,84	91,16	33,38
297,9	3838,05	100-200	80	7,20	92,80	40,98
297,9	5117,40		60	5,50	94,50	53,66
297,9	7676,10	150-300	40	3,74	96,26	79,02
297,9	10234,80		30	2,83	97,17	104,37
297,9	15352,20	200-400	20	1,90	98,10	155,08
297,9	30704,40		10	0,96	99,04	307,21
297,9	61408,80	250-500	5	0,48	99,52	611,48

Vliv letových hodin:

Při využití stávající technologie – bez lepení švů, je čas nové tkaniny mezi 500 a 1000 s. Tyto hodnoty však mají nepatrný vliv na prostup vzduchu, pro který je v tomto případě rozhodující vliv prostupu přes švy. Ztráta vlastností není znatelná, projeví se až při času 30 až 40 s, kdy kluzáky vykazují markantní zhoršení výkonu. Je to zároveň čas, při kterém se celková prodyšnost dostává na dvojnásobek. Za určitých letových režimů pak dochází ke ztrátě vztlaku. Z porovnání hodnot v tabulkách XIII. a XIV. vyplývá, že zalepením švů se dá tento kritický okamžik oddálit přibližně o 50 letových hodin.

Výpočty ukazují, že nový kluzák vykazuje největší únik vzduchu švy – 90,57 %, podíl prodyšnosti textilie je zanedbatelný – 9,43 %.

Na prodyšnosti kluzáku, tedy textilie a švů, se především podílí mechanické opotřebení letovou praxí a pozemní manipulací. Často se však stává, že i kluzák s malým počtem letových hodin, může být velice propustný právě nesprávnou manipulací.

Nutno podotknout, že významný vliv na prodyšnost má také UV záření a další doprovodné faktory (viz kapitola 4). Mimo hodin nalétaných ve vzduchu bychom měli zohlednit i dobu čekání a slunění na startu, plus mechanické opotřebení. Získáme tedy celkové opotřebení kluzáku.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo omezit propustnost vzduchu švy u padákových kluzáků vhodnou technologií a poté zhodnotit výsledky aplikované na celé ploše kluzáku.

Bylo zjištěno, že prošitím textilie prodyšnost razantně vzroste. První měření se soustředilo na změnu kombinací jehel a nití. Žádnou z kombinací se však prodyšnost nijak výrazně nesnížila, a proto bylo nutné vyzkoušet další možnosti. Jednalo se o technologii používanou při výrobě vodních kitů, kdy je do švu vlepena oboustranná lepicí páska. Tato se ale také ukázala jako nepříliš vyhovující. Pomocí samolepicí pásky sice dojde ke slepení textilie mezi místy vpichu jehly, ale otvory po průpichu jehlou zůstávají nezajištěny.

Jako poslední byla navržena technologie zalepení švů opravnou samolepicí textilií, jejíž výsledky byly shledány jako velmi pozitivní.

Na základě tohoto hodnocení se firma Axispara rozhodla aplikovat zvolenou technologii v praxi. Na závodním kluzáku Mercury budou takto zajištěna pouze nejkritičtější místa, tj. švy horního potahu směrem od náběžné hrany. Vlastnosti kluzáku ovlivňuje nespočet faktorů, takže pouze letovou praxí je možno zjistit výsledný efekt.

Dalšími studiemi je potřeba stanovit, jak co nejekonomičtěji provádět danou technologii, jelikož cena opravné samolepicí textilie není zanedbatelná a normohodina jednoho výrobku by se značně navýšila.

Samotná technologie však musí korespondovat s kvalitou materiálu. Skytex firmy NCV Industries sice patří mezi světovou špičku, ale nyní se objevují i další textilie s ještě menší prodyšností. Tyto lépe odolávají vnějším vlivům, avšak za cenu zvýšení hmotnosti kluzáku.

Z výše uvedeného odstavce vyplývá, že byla splněna původní teze. Domnívám se, že mé návrhy a poznatky mohou být užitečné pro další vývoj padákových kluzáků. Lidská tvořivost, jak víme, nemá hranice a v tak rychle se vyvíjejícím sportu jako je paragliding je naprosto nepostradatelná.

Použitá literatura

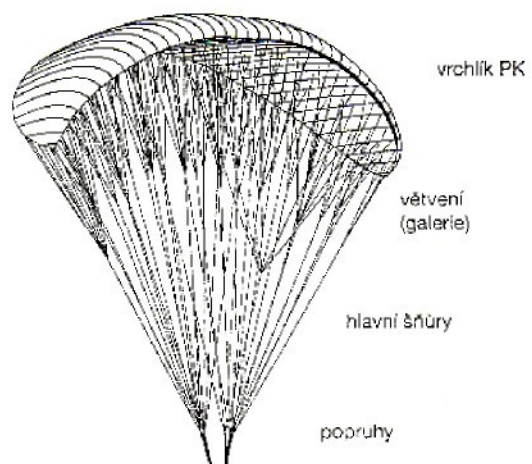
- [1] Plos, R.: *Paragliding - létání s padákovými kluzáky*. Svět křídel, 1999
- [2] Dvořák, P.: *Paragliding – manuál*. Svět křídel, 2003
- [3] Militký, J.: *Textilní vlákna*. TUL, 2002
- [4] Kovačič, V.: *Textilní zkušebnictví II*. TUL, 2002
- [5] Pilot IX/2003 – odborný časopis
- [6] Návod na obsluhu Porosimetru JDC MK1
- [7] ČSN EN ISO 9237

Seznam příloh

1. Konstrukce padákového kluzáku
2. Šňůry a vyvázání
3. Šňůra s ochranným opletem
4. Popruhy
5. Postroj pro paragliding
6. Záchranný padák pro paragliding
7. Asymetrické zaklopení náběžné hrany
8. Firma NCV Industries
9. Výrobní protokol
10. Přístroj pro měření prodyšnosti Porosimetr JDC MK1
11. Vzorky pro měření prodyšnosti s kombinacemi jehel a nití
12. Příprava vzorků pro měření prodyšnosti švu
13. Vzorky proměření prodyšnosti švu
14. Technický průkaz padákového kluzáku
15. Padákový kluzák Mercury firmy Axispara

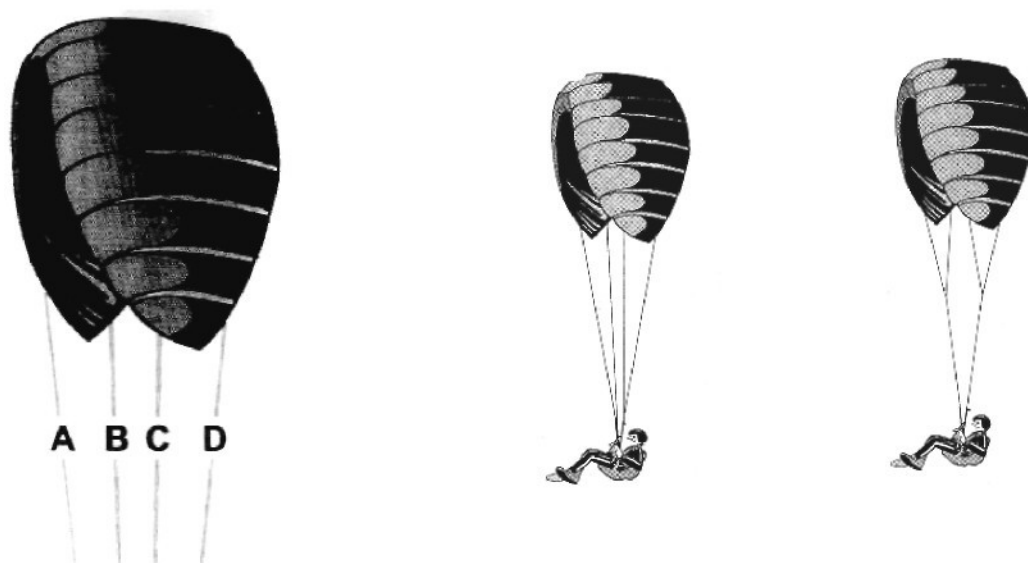
Příloha č. 1

Konstrukce padákového kluzáku



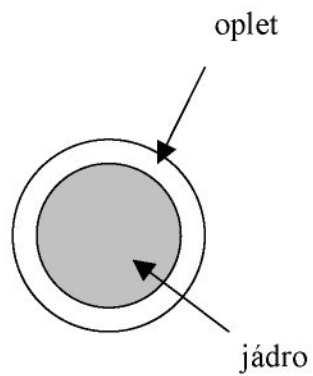
Příloha č. 2

Šňůry a vyvázání



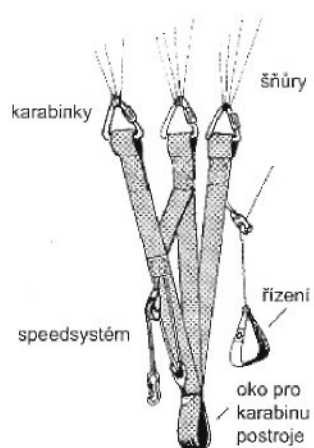
Příloha č. 3

Šňůra s ochranným opletem



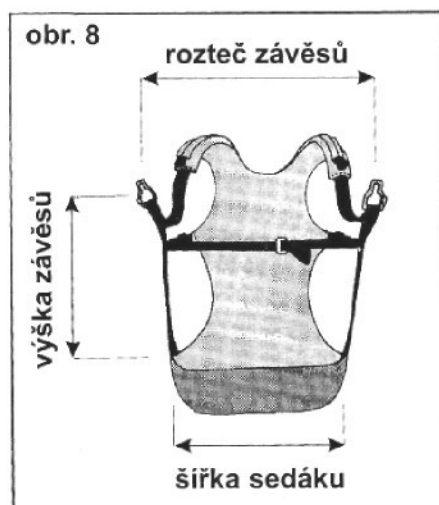
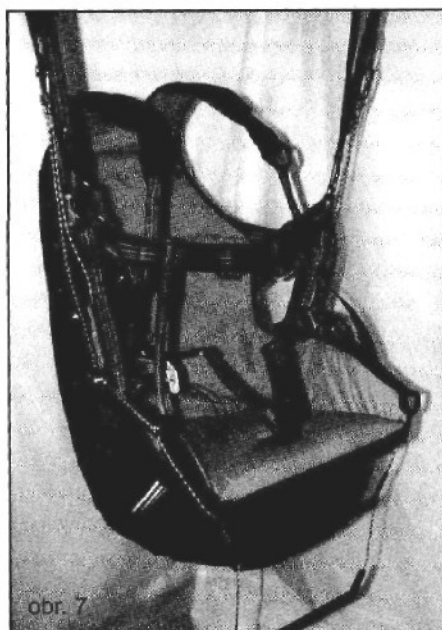
Příloha č. 4

Popruhy



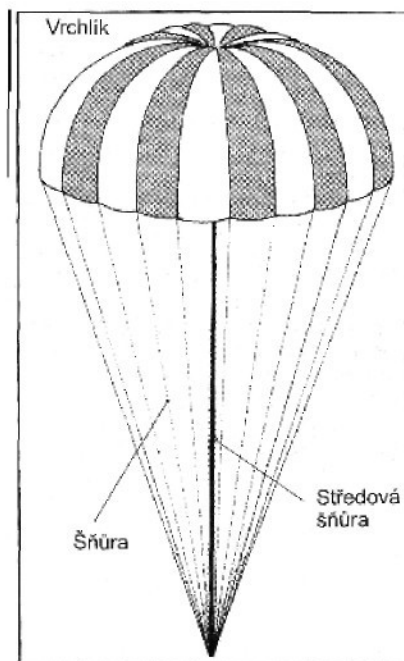
Příloha č. 5

Postroj pro paragliding



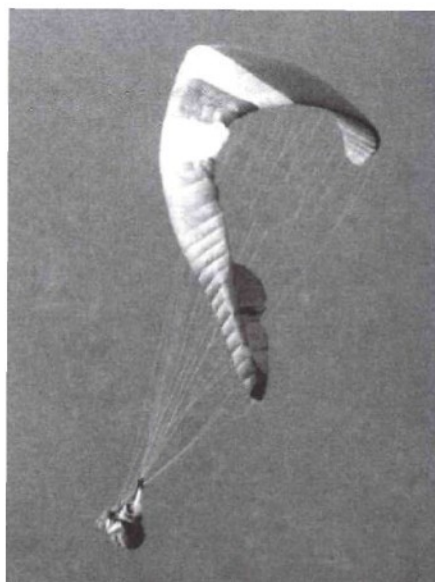
Příloha č. 6

Záchranný padák pro paragliding



Příloha č. 7

Asymetrické zaklopení náběžné hrany



Příloha č. 8

Firma Porcher Industries

Tato společnost je rodinná a její vznik se datuje rokem 1920. Specializuje se na výrobu technických a průmyslových tkanin. Do seskupení Porcher patří i divize NCV, která vyrábí syntetické tkaniny, určené hlavně pro sportovní odvětví (spinakery, kity a klouzavé padáky). Tato společnost vyrábí velmi známou řadu látek, zvanou Skytex.

V současnosti existuje 12 typů Skytexu. Konstruktor padáku má tedy možnost vybrat a určit si pro svou výrobu ten, který bude nejlépe plnit požadavky a funkci, pro které má být konkrétní padák konstruován.

Skupina zvaná Skytex, to je řada 4 základních látek, které se od sebe liší svou vahou : 36,40,45 a 55 g/m².

Nejpoužívanější typy : 9092 (45 g/m²)- historicky první a 9017 (40 g/m²). Tkanina řady 9017 byla vyvinuta s požadavkem zachování stejných mechanických vlastností srovnatelných s typem 9092 (pevnost v tahu a trhu), ale s požadavkem na nižší hmotnost. Tyto dvě tkaniny jsou si v mechanických vlastnostech velmi blízké a jsou základem pro řadu dalších látek, které se liší v aplikovaném zátěru. Tím že má tkanina na klouzavé padáky zátěr (impregnaci), se nejvíce odlišuje od jiných podobných tkanin. Hlavní rolí impregnace Skytexu je udržení stabilní prodyšnosti látky. Pro udržení stabilní kvality letu je třeba zajistit, aby nedocházelo k výkyvům prodyšnosti látky. Zátěr je nejdůležitější prvek v charakteristice Skytexu : je mnohem jemnější a křehčí než látka samotná, a proto musí být maximálně ochraňován před vnějšími vlivy (UV paprsky, prach, vlhkost, žár), kterými může trpět.

Je důležité, aby prodyšnost zůstávala na dobré úrovni, ale to ještě není všechno. Stabilita tkaniny je ještě důležitější, protože umožňuje padáku zachovat svoji schopnost létání. Prodyšnost měřená testem JDC u Skytexu ukazuje zhruba 900 až 1000 sekund v novém stavu. DHV odklasifikuje tkaninu padáku, když je tato hodnota menší než 10 či 15. Není tak snadné vyrobit kvalitní tkaninu, u níž se pevnosti a tažnosti degradují minimálně.

Technické parametry textilie Skytex firmy Porcher Industries

Druh textilie : 9017

Druh zátěru : zatřená 1 strana (polyuretan)

Druh příze : Polayamid 6.6 vysoká soudržnost – 33dtex

Šířka : 158cm

Vazba: Rip Stop

Sledované parametry	Jednotky	E38A: střední	E77A : vodoodpudivý	E29A : pevný
Hmotnost textilie se zátěrem	g/m ²	40 +/-2	40 +/-2	40 +/-2
Pevnost do přetrhu – osnova	DaN	1,5 mini	1,5 mini	1,5 mini
Pevnost do přetrhu	DaN	1,5 mini	1,5 mini	0,7 mini
Příčné prodloužení (zátěž 3 lbs)	%	8 maxi	6,5 maxi	1 maxi
Příčné prodloužení (zátěž 5 lbs)	%	17 maxi	15 maxi	2 maxi
Příčné prodloužení (zátěž 10 lbs)	%	28 maxi	27 maxi	10 maxi
Mez pevnosti v osnově	DaN / 5cm	38 mini	38 mini	38 mini
Mez pevnosti v útku	DaN / 5cm	33 mini	33 mini	33 mini
Propustnost vzduchu	l/m ² /mn přes 2000 Pa	40 maxi	40 maxi	100 maxi

Druh textilie : 9092

Druh zátěru : zatřená 1 strana (polyuretan)

Druh příze : Polayamid 6.6 vysoká soudržnost – 33dtex

Šířka : 158cm

Vazba: Rip Stop

Sledované parametry	Jednotky	E38A: střední	E77A : vodoodpudivý	E29A : pevný
Hmotnost textilie se zátěrem	g/m ²	45 +/-3	45 +/-3	45 +/-3
Pevnost do přetrhu – osnova	DaN	2 mini	2 mini	1 mini
Pevnost do přetrhu	DaN	1,5 mini	1,5 mini	0,7 mini
Příčné prodloužení (zátěž 3 lbs)	%	6,5 maxi	6,5 maxi	2 maxi
Příčné prodloužení (zátěž 5 lbs)	%	15 maxi	15 maxi	3 maxi
Příčné prodloužení (zátěž 10 lbs)	%	27 maxi	27 maxi	10 maxi
Mez pevnosti v osnově	DaN / 5cm	40 mini	40 mini	40 mini
Mez pevnosti v útku	DaN / 5cm	33 mini	33 mini	33 mini
Propustnost vzduchu	l/m ² /mn přes 2000 Pa	40 maxi	40 maxi	100 maxi

Příloha č. 9

Výrobní protokol

VÝROBNÍ PROTOKOL			
Compact	Pluto	Vega	Mercury Ser.
			Mercury Comp

S	M
L	XL
Bi	

červená	zlatá	modrá
bíló-červená	bíló-zlatá	bíló-modrá

Jiná barva:	vršek	design	spodek

Objednal:	Datum:
Zákazník:	

Datum předpokládaného dokončení:	
Výrobní číslo:	
Vrchlík stříhal:	Datum:
Vrchlík šil:	Datum:
Šňůry stříhal:	Datum:
Šňůry šil:	Datum:
Vyvázal:	Datum:
Zalétal:	Datum:

Prodej - platba:

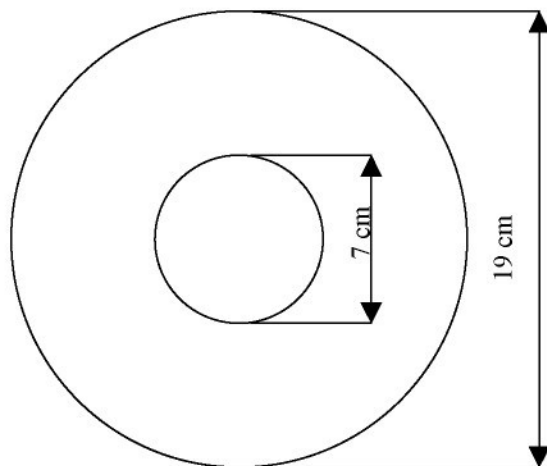
Poznámky:

Příloha č. 10

Přístroj pro měření prodyšnosti POROSIMETR JDC MK1

(Profesionální produkt firmy JDC Electronic s.a.)

Tvar upínací hlavice Porosimetru JDC:



Údaje produktu: Nemá nastavitelný obsah vzduchu procházející přes textílii při měření prodyšnosti.

Aplikace:

- 1) Rychlý test prodyšnosti textílie např. pro výroby paraglidingových padáků
- 2) Měří degradace textílie a varuje uživatele před nebezpečím degradace vrchlíku
- 3) Zjištění aktuálního stavu padákových kluzáku „z druhé ruky“
- 4) Laboratorní studie oděvních textilií (zátěrů apod.)

Princip:

Měříme čas, za který 0,25 litru vzduchu při tlaku 10 MBar, projde přes $38,5\text{cm}^2$ textílie.

Návod k použití:

Připojte displejový modul a zapněte přístroj. Časomíra se automaticky vynuluje při začátku měření. Tahem nahoru zvedneme gumový válec a zajistíme ho v pozici startu na kovovém kroužku. Sejmeme magnetický disk a umístíme zkoušenou textílii na povrch porosimetru, potom ji utěsníme magnet. Diskem, stiskneme počítadlo a začne měření textílie

s přesností na 1/20 sek nezbytného času, za který 0,25 litrů vzduchu projde přes látku. Měření má rozsah od 2,3 sekund pro zdegradovanou látku až po 5 minut pro textilií novou.

Měření dvou vrstev souběžně:

Komory některých křidel jsou zavřeny sítí! Proto doporučujeme měření dvou látek souběžně. Toto je možné s přístrojem JDC MK1 v následujícím sledu:

Položte dvě vrstvy látky tak, aby byla látka hladká bez skladů. Pro málo propustné textilie bude výsledek měření velmi blízký měření jedné vrstvy. Pro velmi porézní textilie bude výsledek až do 10% vyšší než u jediné vrstvy. Když měříme 2 látky o rozdílné prodyšnosti, kde bude výsledek blízký prodyšnosti méně propustné látky.

Technické údaje:

rozměry: 150 x 230 mm

váha: 2,3 kg (3,1 s obalem)

Napájení: vyměnitelné litinové baterie, až 30 000 pracovních hodin

Přesnost: +/- 2% s ohledem na nepřesnost uložení materiálu

Připomínka: doporučuje se měření opakovat z důvodů nepřesnosti nastavení pozice disku, skladů na textilií apod.

Výpočet prodyšnosti při tlaku 2000 Pa :

$$P = 5400 / t$$

$P...$ prodyšnost [$l/m^2/min$]

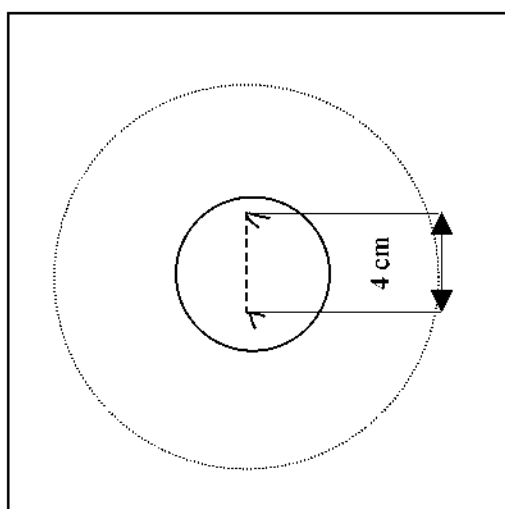
$t...$ naměřený čas v sekundách

5400.. převodní konstanta

Příloha č. 11

Příprava vzorků pro laboratorní ověření prodyšnosti řádku stehů

Na textilií je stehem třídy 301 přišit vzorek materiálu (kruh $\varnothing 70\text{mm}$ = $38,4\text{ cm}^2$) danými šesti kombinacemi. Steh má 4,5mm v délce 40mm. Počet vpichů je vždy 9 a počet stehů 8. Plocha textilie musí přesahovat okraje upínací hlavice, aby nedocházelo k podsávání.



Vzorek pro laboratorní ověření řádku stehů

Nejllepší kombinace jehly a nitě pro zajištění minimální prodyšnosti.

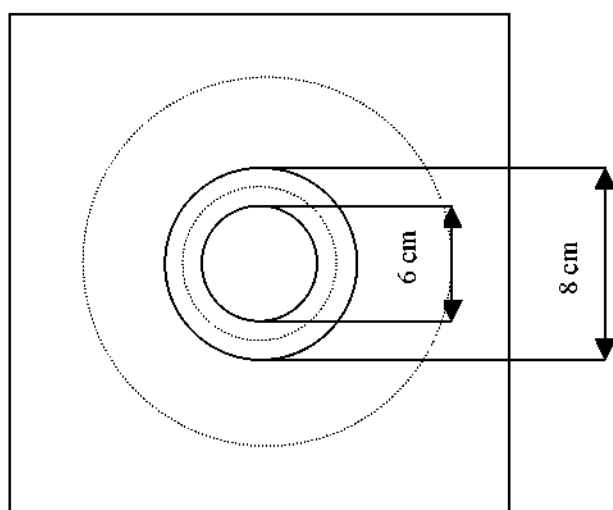
Jehla 12/80 a nit 60:

Příloha č. 12

Tvar a parametry vzorku zhotoveného pomocí opravné samolepící textilie

V geometrickém středu textilie je pomocí opravné samolepící textilie uchycen vzorek textilie o ploše $38,4 \text{ cm}^2$. Plocha nosné textilie musí přesahovat okraje upínací hlavice.

Pro větší přesnost byla touto metodikou stanovena i výchozí hodnota prodyšnosti neporušené textilie.



Opravná samolepící textilie –

je v podstatě Skytex (firmy NCV Industries) opatřen na rubní straně adhezivní vrstvou. Toto pojivo se po nalepení a následném kontaktu se slunečním záření nataví a vazba s podkladovou textilií se ještě více zpevní. Používá se k menším trhlinám vrchlíku, které nelze na místě zašít a dále k reklamním účelům. Je natolik přilnavý, že s takto zajištěnými opravami menších rozměrů lze bez problémů létat i mnoho desítek hodin. Její jedinou nevýhodou je velmi vysoká cena.

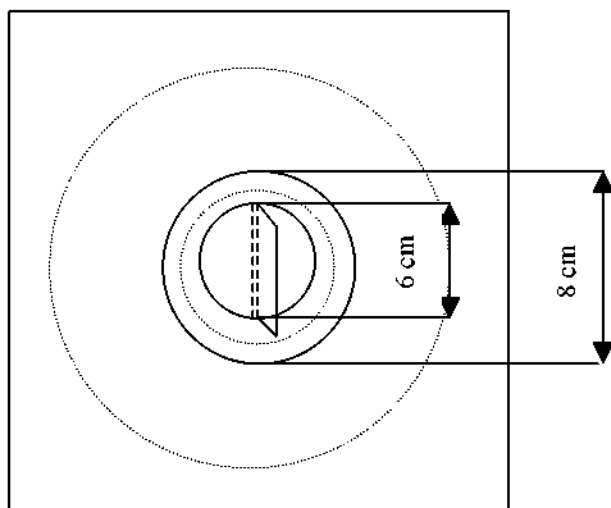
Vzorek zhotovený pomocí opravné samolepící textilie

Příloha č. 13

Tvar a parametry vzorku pro měření prodyšnosti švu

Vzorek byl zhotoven stejnou technologií jako je popsáno v příloze č. 12. Pouze okraje švových záložek byly vystřiženy, aby došlo k úplnému přilnutí textilie.

Plocha nosné textilie musí přesahovat okraje upínací hlavičky.



Vzorky pro měření prodyšnosti švu

I. Klasická technologie

II. Technologie s použitím opravné samolepící textilie

Manipulace se samolepící textilií je velmi náročná, jelikož po nalepení téměř nelze znovu odlepit. Lepení nelze provádět samostatně, vždy musí jeden pracovník přidržovat inkriminovanou část kluzáku v napnutém stavu, aby se zabránilo skladům a druhý pracovník přikládá samolepící textilií s maximální přesností.

Pro případné průmyslové zavedení této technologie, jejíž účinnost se prokáže pouze letovou praxí, je třeba se zaměřit na její praktické provádění a ekonomické zhodnocení. Cena opravné textilie je značně vysoká a stejně tak i mzdové náklady. Výrobce tedy musí zhodnotit o kolik se navýší výsledná cena nového kluzáku. Věřím však, že pokud se v praxi prokáží výsledky popsané v předložené práci, bude mnoho zákazníků ochotno zaplatit i vyšší cenu.

Příloha č. 14

Technický průkaz

Modrý TP pro kluzáky testované:

Oranžový TP pro kluzáky netestované:

Z		LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY LIGHT AIRCRAFT ASSOCIATION OF THE CZECH REPUBLIC	
TECHNICKÝ PRŮKAZ PADÁKOVÉHO KLUZÁKU TECHNICAL CERTIFICATE OF PARAGLIDER			
Výrobce	EASY FLY		
Typ	ICONE 24		
Kategorie	PROTOTYP		
Min. vzlet. hmotnost	75 kg	Hmotnost kluzáku	
Max. vzlet. hmotnost	95 kg		94 kg
Výrobní číslo	9910P283	Datum výroby	24.10.95
Letová způsobilost ověřena dne: <u>16.11.2003</u> podpis: <u>[signature]</u> razítko: <u>[stamp]</u>			
Pozor! S tímto kluzákem je oprávněn létat pouze držitel příslušného průkazu s kvalifikací „C“			

P		LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY LIGHT AIRCRAFT ASSOCIATION OF THE CZECH REPUBLIC	
TECHNICKÝ PRŮKAZ PADÁKOVÉHO KLUZÁKU TECHNICAL CERTIFICATE OF PARAGLIDER			
Výrobce	AXIS paragliding		
Typ	VEGA „L“		
Kategorie	STANDARD		
Min. vzlet. hmotnost	100 kg	Hmotnost kluzáku	
Max. vzlet. hmotnost	130 kg		6,5 kg
Výrobní číslo	22301803L	Datum výroby	8/2003
Letová způsobilost ověřena dne: <u>29.8.2003</u> podpis: <u>[signature]</u> razítko: <u>[stamp]</u>			

Z		LETECKÁ AMATÉRSKÁ ASOCIACE ČESKÉ REPUBLIKY LIGHT AIRCRAFT ASSOCIATION OF THE CZECH REPUBLIC	
TECHNICKÝ PRŮKAZ PADÁKOVÉHO KLUZÁKU TECHNICAL CERTIFICATE OF PARAGLIDER			
VÝROBCE	HLE TABA TECHNOLOGY		
TYP	GRANT COMP. 25		
KATEGORIE	COMPETITION		
MIN. LETOVÁ HMOTNOST	73 kg	HMOTNOST KLUZÁKU	
MAX. LETOVÁ HMOTNOST	95 kg		5,20 kg
VÝROBNÍ ČÍSLO	7912046225C	DATUM VÝROBY	PROSINEC 1997
LETOVÁ ZPŮSOBILOST OVĚŘENA DNE: <u>14.7.2001</u> podpis: <u>[signature]</u> razítko: <u>[stamp]</u>			
POZOR! S tímto kluzákem je oprávněn létat pouze držitel příslušného průkazu s kvalifikací „C“			

kontrola po:	platnost do:	razítko / podpis
100 let. h	1.7.2005	<u>[signature]</u>
let. h		
let. h		
let. h		
let. h		
Potvrzení způsobilosti PK pro PPG / MPG		
Min. vzlet. hmotnost	kg	kontrola po
Max. vzlet. hmotnost	kg	let. h
dne	podpis	razítko
Tento dokument neodpovídá standardům ICAO. Schválení jeho platnosti mimo území ČR je nutno vyžádat předem u příslušného úřadu příslušné země. This document does not conform to ICAO standards. Its validity out of the territory of the Czech Republic shall be requested from the civil aviation authority of the relevant state in advance.		

kontrola po:	platnost do:	razítko / podpis
200 let. h	29.8.2005	<u>[signature]</u>
let. h		
let. h		
let. h		
Potvrzení způsobilosti PK pro PPG / MPG		
Min. vzlet. hmotnost	kg	kontrola po
Max. vzlet. hmotnost	kg	let. h
dne	podpis	razítko
Poznámka:		
Tento dokument neodpovídá standardům ICAO a typ výřezu v souladu s přílohou platnými v České republice. This document does not conform to ICAO. It has been issued in compliance with the regulations valid in the Czech Republic.		

Podlečené do:	Podpis	Razítko
PLATÍ DO:	<u>[signature]</u>	<u>[stamp]</u>
14.7.2002		
Zvláštní záznamy		

Příloha č. 15

Padákový kluzák Mercury firmy Axispara



MERCURY špičkový závodní kluzák

Velmi vysoký výkon spolu s neuvěřitelnou stabilitou a perfektním handlingem jsou základem takových úspěchů, jako je 3. místo v celkovém výsledku Světového poháru 2005.

A také 1. - M. Portugalska 2005, 1., 2. a 3. - ČPP 2005, 1. a 2., 4., 5., 6., 7. a 10. - České liga 2005, 2. - M. Rakouska 2005, 2. - M. Německa 2005...

Velikost	XS	S	M	L
Zoom	92	96	100	105
Hloubka profilu [cm]	231.6	241.7	251.8	264.4
Plocha rozvinutá [m ²]	21.3	23.2	25.2	27.7
Rozpětí rozvinuté [m]	11.6	12.11	12.61	13.24
Štíhlost rozvinutá	6.3	6.3	6.3	6.3
Plocha projekční [m ²]	19	20.7	22.5	24.8
Rozpětí projekční [m]	9.67	10.09	10.52	11.04
Štíhlost projekční	4.9	4.9	4.9	4.9
Počet komor	77	77	77	77
Letová hmotnost [kg]	70-90	80-100	90-110	100-130
Minimální rychlost [km/h]	25	25	25	25
Trimová rychlost [km/h]	40	40	40	40
Akcel. rychlost [km/h]	60+	60+	60+	60+
Minimální klesání [m/s]	1	1	1	1
Klouzavost	9.8	9.8	9.8	9.8
Homologace AFNOR	LaST	LaST	LaST	LaST

www.axispara.cz

info@axispara.cz