

FMEA ANALYSIS OF AUTOMATIC RESCUE PARASCHUTE SYSTEM FOR CIVIL AVIATION

FMEA ANALÝZA SAMOČINNÝCH ZÁCHRANNÝCH PADÁKOVÝCH SYSTÉMOV V CIVILNOM LETECTVE

Pavol Pecho

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Miroslava Gáborová

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
mima.gaborova@gmail.com

Iveta Škvareková

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
iveta.skvarekova@fpedas.uniza.sk

Viliam Ažaltovič

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
viliam.azaltovic@fpedas.uniza.sk

Abstract

The article analyzes the topic of rescue parachute systems, with a focus on pilot parachutes used by civic aviation pilots in emergency situations. The work is in addition to pilot parachutes, focused and most ballistic rescue systems for aircraft and firing parachute systems, which fulfill an equally important role in aviation. The issue was analyzed by FMEA analysis, which was applied to the automatic rescue system. The outcome of this study is the evaluation criteria of current technical systems to reduce the risk number "R". For each of the safety enhancement solutions, the article contains a separate proposal for technical improvements that are suitable for implementation in practice. Such solutions ultimately represent an increase in civil aviation safety as such.

Keywords

FMEA, Rescue parachute system, Automatic activation device, Parachute, Aircraft

1. Úvod

Osobné záchranné padáky sú od začiatku vývoja najpoužívanejším spôsobom pre záchranu pilota alebo iného člena posádky počas núdzovej situácie vyžadujúcej opustenie lietadla. Najdôležitejšie parametre, ktoré musia tieto padáky spĺňať sú spoľahlivosť, nenáročná obsluha a komfort aj počas dlhých letov, ktorý zabezpečuje pilotovi úplnú voľnosť pohybu. Ich hlavnou výhodou sú malé rozmery a kompatibilita so sedadlami takmer vo všetkých druhoch lietadiel. Umiestnenie padáku sa využíva chrbtové, sedacie alebo prsné. Každý záchranný padák musí po stránke vývoja, výroby a overovania vyhovovať požiadavkám Európskeho technického normalizačného príkazu ETSO (European Technical Standard Order) C23 „Personnel parachute assemblies“ a normy SAE (Society of Automotive Engineers) AS8015 "Minimum performance standards for personnel parachute assemblies and components" (Tencer, 2000).

Ak sa pilot rozhodne použiť záchranný padák, prvým krokom je odpútanie od sedadla a následné otvorenie dverí/krytu kabíny. V prípade väčších lietadiel je potrebný presun a otvorenie prevádzkového alebo núdzového otvoru lietadla. Následne je potrebné vykonať opustenie lietadla (Nedelka, 1998).

Celková doba nevyhnutná pri núdzovom opustení lietadla je 5 - 9 s. Tento čas je súčtom jednotlivých krokov, ktoré pilot vykonáva v krízovej situácii. Každý z týchto krokov, ktoré je sa často odvíja od skúseností a psychického stavu pilota.

1. Rozhodnutie – cca 1 s, zahŕňa zistenie a vyhodnotenie danej situácie za krízovú, túto fázu ovplyvňujú mnohé faktory súvisiace so vznikom a typom krízovej situácie, dôležitý je tu reakčný čas pilota.

2. Zlepšenie podmienok pre výskok, zmenou výšky alebo rýchlosti, je závislé najmä od ovládateľnosti lietadla, a nie vždy je možné. V prípade optimálnych podmienok na opustenie lietadla sa teda tento časový úsek neuvažuje.
3. Vytvorenie otvoru pre výskok – cca 2 - 3 s, závisí od systému otvárania v danom lietadle, môže zahŕňať odblokovanie, odomknutie, otvorenie, nadvihnutie a strhnutie prúdom vzduchu alebo vytlačenie a vyhodenie (napr. dverí).
4. Odpútanie – cca 1-2 s.
5. Presun k miestu výskoku – neuvažuje sa vždy, ale len v určitých typoch lietadiel a môže značne predĺžiť a skomplikovať núdzové opustenie.
6. Zaujatie polohy a výskok – 1-2 s, táto fáza zvyčajne zahŕňa hlboký nádych.

Bezpečnosť použitia záchranného padáku závisí od viacerých faktorov. Dôležitým parametrom je výška, v ktorej je padák aktivovaný. Počas nafúknutia padáku dochádza ku strate výšky, ktorú je nutné brať do úvahy. Na základe normy SAE AS8015 je pre konštrukciu záchranných padákov stanovená maximálna strata výšky od momentu otvorenia obalu do otvorenia vrchlíka 91,5 m. Pri súčasných padákových technológiách sa strata výšky pohybuje medzi 50 - 70 m. Po nafúknutí obálky padáku je však vertikálna rýchlosť stále príliš veľká na pristátie, cca 10 – 15 m.s⁻¹. Preto treba k tejto výške prirátavať ešte stratu výšky, potrebnú na stabilizáciu a zabrzdzenie záchranného padáku na rýchlosť okolo 5 m.s⁻¹. Na tento úkon sú potrebné minimálne 2 s.

Dobu potrebnú na použitie padáku definuje ďalej aj vertikálna a horizontálna rýchlosť letu lietadla a poloha lietadla v momente aktivácie. Pri vodorovnom lete (priamočiario alebo na chrbte) je opustenie lietadla najrýchlejšie a najjednoduchšie. V prípade nekontrolovanej trajektórie počas pádu lietadla sa zvyšuje

pôsobenie odstredivých síl pôsobiacich na pilota. Ich pôsobenie zvyčajne sťažuje pilotovi vykonanie výskoku, no v určitých prípadoch môže mať aj kladný vplyv a zjednodušiť opustenie lietadla (Kaľavský, 2018).

2. Automatické aktivačné prístroje využívané v parašutizme

V súčasnej dobe, kedy je trend vývoja nových technológií, sa aj výrobcovia záchranných zariadení snažia o inovácie v tomto odvetví. Za obdobie posledných pár rokov, sa inovácie odzrkadľujú napríklad práve vybavením pilotných záchranných padákov automatickými aktivačnými zariadeniami. Takýto prístroj vyvinula, a do svojich záchranných padákov typu ATL aj implementovala česká firma MarS a.s.. Ako voliteľnú súčasť pilotných padákov ponúka prístroj PILOT MPAAD (Obrázok 5). Tento prístroj má za úlohu aktivovať osobný záchranný padák, na základe vopred nastavených hodnôt výšky a pádovej rýchlosti. Jeho hlavnou výhodou je, že skracaje dobu od opustenia kabíny po nahmatanie uvoľňovača a otvorenie padáku. Práve v prípade núdzového opustenia lietadla, je obzvlášť dôležité znížiť stratu výšky počas tohto úkonu na minimum. Využívanie a nákup záchranných padákov už so zabudovaným prístrojom MPAAD, je v súčasnosti bežné len vo vojenskom sektore. Piloti aeroklubov a majitelia športových lietadiel túto možnosť zvýšenia bezpečnosti zatiaľ využívajú len vo veľmi malej miere. Hlavným dôvodom je nákladovosť, keďže zabudovanie tohto zariadenia zvyšuje cenu záchranného padáku až na dvojnásobok. Druhým problémom je technická stránka, ktorá nie v súčasnej dobe dostatočne vyvinutá pre prípad, že pilot je nútený v momente núdzovej situácie vyskočiť nad terénom, ktorý je výškovo rozdielny oproti výške kalibrácie - zapnutia prístroja. Príkladom môže byť situácia kedy, je prístroj zapnutý v mieste štartu napr. 300 m AMSL (Above Mean Sea Level) a pilot je nútený vyskočiť vo výške napr. 1000 m AMSL. Avšak nachádza sa nad kopcami a jeho výška nad terénom je napr. 200 m AGL (Above Ground Level). Prístroj na základe predchádzajúcej kalibrácie vyhodnotí, že má ešte dostatočnú výšku na aktiváciu, čo je v danej situácii nesprávne, a naopak je nutná okamžitá aktivácia.

Bezpečnostný systém MPAAD túto situáciu čiastočne rieši princípom, kedy nevyhodnocuje prioritne výšku na základe a rýchlosť pádu pilota. Preseknutie uzatváracieho očka teda prebehne po uplynutí vopred nastaveného času alebo po dosiahnutí stanovenej pádovej rýchlosti. Aj napriek tomuto princípu, môžu nastať situácie kedy nebude aktivácia systému vykonaná v dostatočnej výške nad terénom.

3. Analýza príčin a následkov porúch samočinných padákových systémov

„Analýza spôsobov a následkov porúch (Failure Mode and Effect Analysis) je základným metodickým nástrojom manažmentu systémov kvality v rôznych odvetviach výroby“ [24]. Jej veľkou prednosťou sú minimálne náklady na jej vykonanie a tiež možnosť využiť ju v akejkolvek fáze životného cyklu technického systému – pri konštruovaní, projektovaní, zlepšovaní zariadení. Analýza nám pomáha identifikovať najkritickejšie a najpravdepodobnejšie chyby technického systému a taktiež urobiť opatrenia na ich zamedzenie.

Účelom FMEA je teda vylúčiť alebo znížiť možnosť poruchy minimalizáciou rizikového čísla R. To je dané súčinom ohodnotenia pravdepodobnosti výskytu poruchy V, rozsahom

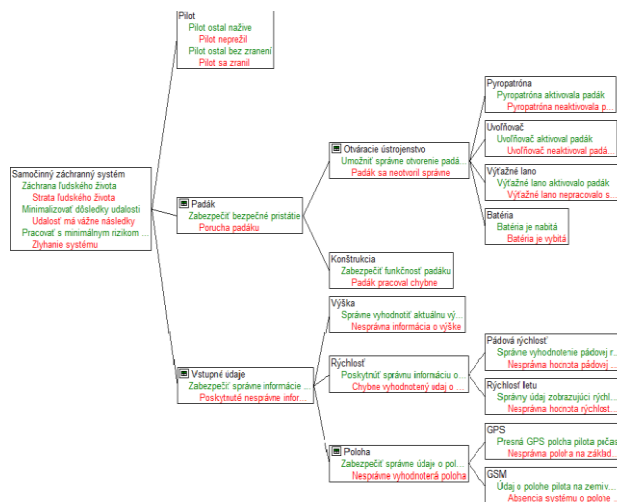
následkov a závažnosťou poruchy Z a hodnotou pravdepodobnosti preventívnej detekcie poruchy D. Na hodnotenie rizík sa teda využíva vzťah:

$$R = V \cdot Z \cdot D \quad (1)$$

ktorého výsledkom je hodnota rizikového čísla. To je následne nutné znížiť pomocou aplikovaní navrhnutých opatrení.

3.1. FMEA analýza bezpečnosti počítačného stavu

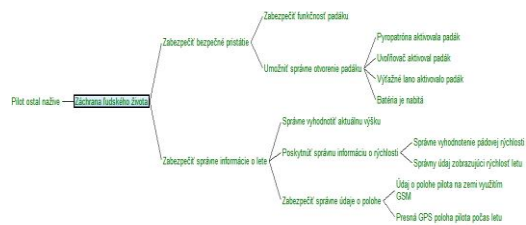
Na začiatku je potrebné vytvoriť štruktúru, ktorá zahŕňa elementy súvisiace so skúmaným technickým systémom. Všetky prvky, ktoré sú dôležité pri výrobe a používaní výrobku musia byť obsiahnuté v štruktúre. Každý element má priradenú svoju funkciu, ale taktiež chybu, ku ktorej dôjde pri zlyhaní jeho funkcie. Logickým spájaním jednotlivých prvkov a ich súvislostí vznikne strom štruktúry, ktorý je základom FMEA analýzy.



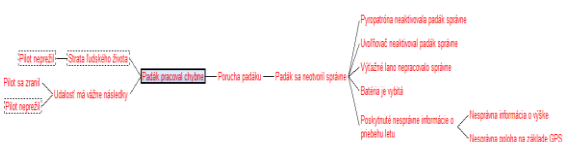
Obrázok 1: Strom štruktúry samočinného záchranného systému. Zdroj: Autori.

Vytváraním vzájomných súvislostí príčin a následkov jednotlivých funkcií prvkov vznikne funkčná sieť systému. Pri jej vytváraní je nutné sa zamerať na jeden element, ktorého funkcia je pre skúmaný systém primárna (Grenčík, 2017).

Od tohto prvku napravo sú umiestnené príčiny a naľavo následky. Na rovnakom princípe je založená a vytvorená aj poruchová sieť systému.



Obrázok 2: Funkčná sieť samočinného záchranného systému. Zdroj: Autori.



Obrázok 3 Poruchová sieť samočinného záchranného systému

Priradením hodnoty pre závažnosť, výskyt a detekciu jednotlivých poruchových funkcií a použitím vzťahu (1) vzniká hodnota rizikového čísla RPN (risk priority number). Poruchy sú vybrané chyby z počítačovej štruktúry, ktoré sa preukázali v praxi ako najviac chybové. Následne je potrebné nájsť vylepšenie, ktoré po aplikácii zníži hodnotu RPN (Poprocký, 2018).

Nasledujúca tabuľka zachytáva výsledné 4 najzávažnejšie poruchové stavy, ktoré vyhodnotila FMEA analýza. Patrí sem porucha výťažného lana, absencia hlásenia poruchy systému, nesprávne vyhodnotená výška nad terénom, vybitá batéria.

Tabuľka 1: Počiatočný stav najzávažnejších porúch (poruchových stavov). Zdroj: Autori.

Porucha	Z (závažnosť)	V (výskyt)	D (detekcia)	RPN
1. Výťažné lano nepracovalo správne	10	5	8	400
2. Absencia systému hlásenia polohy	10	5	6	300
3. Nesprávna informácia o výške	10	9	5	450
4. Batéria je vybitá	10	5	5	250

4. Návrh konštrukčného riešenia automatických záchranných padákových systémov

Na základe FMEA analýzy je možné následne určiť ďalší postup na zníženie kritických chýb systému. Podľa tradičného postupu je možné rizikové číslo znížiť dvoma spôsobmi: prevádzkovými postupmi, alebo konštrukčnými riešeniami. Keďže práve prevádzkové postupy nie sú overiteľné a v praxi a krízových situáciách len ťažko aplikované, nasledovala časť konštrukčných riešení kritických miest systému.

4.1. Výťažný systém

V prípade súčasne používaného AAD, je jeho súčasťou výťažné lanko pripevnené o sedadlo pilota, ktoré po výskoku a vytrhnutí aktivuje samočinné zariadenie. Problémom sa tu môže stať zamotanie lanka, čo by znefunkčnilo celý samočinný systém.

Podstatnou inováciou by bolo využitie bezdrôtovej varianty výťažného lanka, ktoré by bolo aktivované na základe prekonania definovanej vzdialenosti padáku od sedadla pilota v kombinácii vyhodnotenia údajov o polohe a výške za uplynulý definovaný čas. Takýmto spôsobom sa predíde aj neželanému aktivovaniu AAD v prípade neuvoľnenia lanka na zemi a opustenia kabíny pilota (Kaľavský, 2018), (Škultéty, 2018).

4.2. Lokalizácia polohy

Ďalším technickým vylepšením, je návrh na lokalizovanie pilota po dopade na záchrannom padáku. Prístroj by po aktivácii AAD vysielal posledný údaj o polohe, ktorý zaznamenal z palubnej GPS (Global Positioning System) tesne pred výskokom a aktiváciou záchranného systému. To by umožnilo jednoduchšiu a rýchlejšiu lokalizáciu pilota, najmä v ťažšie dostupných terénoch.

Jednalo by sa o zariadenie s podobným princípom, ako spíňa núdzový vysielateľ polohy (Obrázok 9). Vhodne nakonfigurovaný ELT (Emergency Locator Transmitter) je neoddeliteľnou súčasťou medzinárodného satelitného systému na vyhľadávanie a záchranu SAR (Search and Rescue). V závislosti od aplikácie sa

zariadenie aktivuje buď manuálne alebo automaticky – po ponorení do vody alebo v dôsledku preťaženia pri náraze. Zariadenie je napojené na anténu, pomocou ktorej vysielá kódované tiesňové signály na určených frekvenciách.



Obrázok 4: Núdzový vysielateľ polohy ELT. Zdroj: Autori.

4.3. Kalibrácia výškomeru AGL

Najdôležitejšou súčasťou tohto prístroja je výškomer, od ktorého sa odvíja samotná výška aktivácie padáku. Na základe vyššie spomenutého príkladu chyby AAD, je nevyhnutné, aby bola kalibrácia prístroja vykonávaná vzhľadom na úroveň terénu – AGL (Above Ground Level). Kalibrácia vzhľadom na polohu nad hladinou mora – AMSL (Above Mean Sea Level), je v tomto prípade nedostačujúca a spôsobuje práve spomenutú chybu, nesprávne vyhodnotenej vzdialenosti od zeme.

Samotný výškomer by bol súčasťou AAD s prednastavenou minimálnou výškou. Pri núdzovej situácii by sa výškomer prístroja aktivoval. Následne by prístroj snímал pádovú rýchlosť pilota a po dosiahnutí rizikovej hodnoty minimálnej výšky a pádovej rýchlosti by aktivoval záchranný padák (Novák, 2018).

4.4. Batéria

Dôležitým prvkom je tiež použitie spoľahlivého zdroja napájania, ktorý je odolný voči extrémnym podmienkam a nie je nutné jeho obnovenie.

Toto vylepšenie by mohlo byť realizované pomocou nabíjacej stanice umiestnenej v sedačke pilota. Stanica by dobíjala batériu prístroja na princípe elektromagnetickej indukcie, podobne ako v súčasnosti fungujú bezdrôtové nabíjačky na telefóny (Obrázok 10). Do nabíjacej stanice v sedadle by bol privádzaný elektrický prúd. Ten by AAD so zabudovanou cievkou nabíjal vždy pri priblížení prijímača, teda v momente keď by si pilot sadol s padákom na sedadlo (Janovec, 2018).



Obrázok 5: Príklad nabíjacej stanice. Zdroj: Autori.

4.5. FMEA analýza bezpečnosti po aplikovaní riešení

Jednou z hlavných častí FMEA sú formuláre, ktoré slúžia na hodnotenie rizika (zadaním hodnôt závažnosti, výskytu a detekovateľnosti) a optimalizáciu koncepcie. Časť formuláru je vyplnená automaticky na základe chybovej siete. Po priradení

hodnôt a aplikovaní nápravného opatrenia je výsledkom čísla RPN, ktoré hovorí o výslednom znížení rizika, alebo teda o rizikovom čísle „R“ (vzťah 1).

Z Obrázku 6 vyplýva, že najväčšie zníženie rizika sme dosiahli po kalibrovaní výškomera na hladinu AGL. Kým pri počítačnom stave bola hodnota rizikového čísla 450, po navrhnutom vylepšení je to 100.

Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	RID	Action taken	S	O	D	RPN
System element: Výškové údaje																	
Zabezpečiť správne informácie o lete	Poslybná nesprávna informácia o problému letu	(Ochrana instruktora) Padák sa neodotvorí správne (Padák)	10		(Výška) Nesprávna informácia o výške					5	P: Kalibrácia výškomera na úroveň AGL	Gáborová, Miroslava, KLD, Student	Deadline? in progress	10	2	5	100

Obrázok 6: Formulár RPN - výškomer. Zdroj: Autori.

K významnému zlepšeniu rizika došlo aj po implementácii ďalších nápravných opatrení. Na základe výsledku formulárov, by sa riziko v prípade použitia bezdrôtovej formy výťažného lana znížilo zo 400 na 120, a po aplikácii bezdrôtového nabíjania je taktiež znížená hodnota zlyhania batérie z 250 na 50 (Obrázok 7). Pri umožnení lokalizácie polohy pilota, sa predpokladá zníženie rizika z 300 na hodnotu 120 (Obrázok 8).

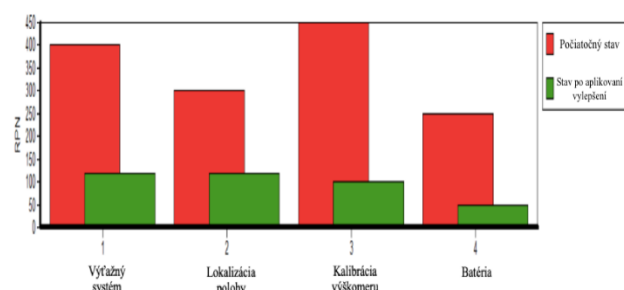
Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	RID	Action taken	S	O	D	RPN
System element: Výškové údaje																	
Zabezpečiť správne informácie o lete	Padák sa neodotvorí správne	(Samočinný zachránny systém) > Stará ľudská chyba >> Pilot nepreberá	10		(Výškové údaje) Výškové lano nepreberá správne					5	P: Bezdrôtový systém výškového systému (lano)	Gáborová, Miroslava, KLD, Student	Deadline? in progress	10	3	4	120
		(Samočinný zachránny)			(Batéria) Batéria je vybitá					5	P: Bezdrôtový systém nabíjania	Gáborová, Miroslava, KLD, Student		10	1	5	50

Obrázok 7: Formulár RPN - výťažné lano, batéria. Zdroj: Autori.

Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	RID	Action taken	S	O	D	RPN
System element: Poloha																	
Zabezpečiť správne údaje o polohe	Nesprávne vyhodnotenie polohy	(Samočinný zachránny systém) Stará ľudská chyba >> Pilot nepreberá	10		(GSM) Absencia systému o polohe s systémom GSM					5	P: Aplikácia GSM modulu pre zariadenie podľa potreby po letu	Gáborová, Miroslava, KLD, Student	Deadline? in progress	10	3	4	120

Obrázok 8: Formulár RPN - lokalizácia polohy. Zdroj: Autori.

Zobrazenie pomocou grafu (Obrázok 9) umožňuje lepšiu vizualizáciu zníženia rizika aplikáciou jednotlivých vylepšení. Červené stĺpce predstavujú rizikovosť daného faktora pri súčasnom používaní. Zelené stĺpce sú výslednou hodnotou rizika po aplikovaní nápravných opatrení. Pri aplikácii všetkých štyroch vylepšení, by celkové riziko chyby AAD bolo veľmi nízke, čo spĺňa predpoklady pre praktické využitie.



Obrázok 9: Výsledný stav analýzy AAD. Zdroj: Autori.

5. Záver

Aby AAD spĺňalo kritérium zvýšenia bezpečnosti, je nutné vykonať zmeny celkového súčasného princípu, na ktorom

zariadenie pracuje. Vykonaním analýzy bolo dokázané, že práve aplikácia zvolených návrhov by priaznivo ovplyvnila funkčnosť a znížila riziko chybovosti automatického aktivačného prístroja. Pomocou navrhnutých zmien, by bolo zariadenie schopné vykonávať viaceré dôležité úlohy ako sú: porovnávanie v akej výške nad terénom je pilot po núdzovom výskoku, zabezpečiť neustále dobíjanie batérie prístroja bezdrôtovým systémom, aby jeho funkčnosť nebola v žiadnom prípade ohrozená vybitím, vysielat' zo zariadenia polohu pilota, po núdzovom opustení lietadla a nahradiť spojovacie lanko, spájajúce aktivačné zariadenie a sedačku pilota, bezdrôtovou technológiou, ktorá by sledovala prítomnosť zariadenia v lietadle a pri vzdialení (výskoku) pilota a súčasne dosiahnutej výške by iniciovala otvorenie padáku (Řepka, 1980).

Zabudovanie týchto inovácií do aktivačných zariadení vyžaduje finančnú investíciu do vývoja. V súčasnosti sa cena samočinného systému pohybuje v hodnote 1000€. Po zabudovaní navrhovaných zmien a vylepšení, treba predpokladať ešte vyššiu sumu takéhoto zariadenia. Je to ovplyvnené najmä využitím moderných technológií, ktoré však zabezpečujú vysokú úroveň spoľahlivosti. Podstatnými výhodami AAD, s využitím navrhovaných technológií by boli najmä: vyššia spoľahlivosť AAD, dlhá životnosť, menšie riziko chyby prístroja, možnosť využitia takmer vo všetkých typoch civilných lietadiel.

Keďže sa jedná o záchranné zariadenie, ktorého použitie je len výnimočné, môžu nastať prípady, kedy počas životnosti prístroja nedôjde k žiadnej núdzovej situácii, ktorá by si jeho aktiváciu vyžadovala. S týmto faktorom súvisia aj niektoré negatíva, ako: vysoká prvotná investícia do zariadenia, nedostatočné alebo žiadne využitie prístroja počas jeho životnosti, nenávratnosť investície v podobe finančných prostriedkov.

Aj keď cena prístroja je dôležitý aspekt a ovplyvňuje dopyt po takomto zariadení, netreba zabúdať na skutočnosť, že hodnota ľudského života je nevyčísliteľná a nedá sa porovnávať s hodnotou aktivačného prístroja.

Referencie

Grenčík, J., Poprocký, R., Galliková, J., Volna, P. 2017. Use of risk assessment methods in maintenance for more reliable rolling stock operation. Machine Modelling and Simulations 2017, 22 [05.09.2017-08.09.2017, Sklenné Teplice, Slovensko]. – [recenzované]. – DOI 10.1051/mateconf/201815704002. – WOS CC ; SCOPUS

Janovec, M. 2018. Diagnostic systems used in inspection of the aircraft construction. New trends in civil aviation 2018, 20 [08.11.2018, Brno, Česko].

Kaľavský, P., Fudiar, L. 2018. Systém automatického otvorenia záložného padáka po odhodení/odpojení hlavného padáka. Bezpečnosť a doprava 2018, 12 [13.12.2018-14.12.2018, Hradec Králové, Česko]. ISBN 978-80-7623-002-6, s. 399-408

Nedelka, M. et al. 1998. Slovenský letecký slovník terminologický a výkladový. Bratislava: Magnet-Press Slovakia, 1998. 494s. ISBN 80-968073-0-7

Novák, A., 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Elsevier, 2018. – (Transportation

- Research Procedia, ISSN 2352-1465 ; 35). – ISSN 2352-1465, s. 271-278 [online]
- Novák, A., Škultéty, F., Kandra, B. 2018. Measuring and testing area navigation procedures with GNSS. LOGI 2018, 19 [06.11.2018-07.11.2018, České Budějovice, Česko]. DOI 10.1051/mateconf/201823601004. – SCOPUS
- Poprocký, R., Volna, P., Grenčík, J., Galliková, J. 2018. Návrh systémov údržby pomocou modelu výpočtu aposteriórnej spoľahlivosti. 2018. DIAGO 2018, 37 [30.01.2018-31.01.2018, Sněžné - Milovy, Česko]
- Řepka, M. et al. 1980. Sportovní parašutismus. 1.vyd. Praha: Naše vojsko, 1980. 256 s. ISBN 28-111-80
- Škultéty, F., Badánik, B., Bartoš, M., Kandra, B. 2018. Design of controllable unmanned rescue parachute wing. International Conference on Air Transport, 7 [20.11.2018-21.11.2018, Hainburg, Rakúsko]. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.026. SCOPUS. INAIR 2018 [elektronický dokument] : Aviation on the Growth Path / Kazda, Antonín [Zostavovateľ, editor] ; Smojver, Ivica [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Hainburg (Rakúsko) : Elsevier, 2018.
- Tencer, E. 2000. Dejiny parašutizmu na Slovensku. 1.vyd. Prievidza: Alfa print, 2000. 608s. ISBN 80-967609-3-9