

VPLYVY KOZMICKÉHO POČASIA NA NIEKTORÉ PARAMETRE PSYCHICKEJ VÝKONNOSTI (CHYBOVOSTI) LETECKÝCH POSÁDKOK S VYUŽITÍM DÁT Z PALUBNÉHO REGISTRAČNÉHO ZÁZNAMNÍKA „COMAFRA“ U DOPRAVNÝCH LIETADIEL.

*Oliver Dzvónik
Jana Štetiarová
Karel Kudela
Peter Daxner*

Summary

Our study deals with the effect of space weather on actual aircrew performance (error rate) with using of the Computer Aided Flight Recorder and Analyzer (COMAFRA) at the transport airplanes. The data from "COMAFRA" were evaluated and subsequently crew errors were extracted and correlated to a measured space weather parameters. The results shows effects of some space weather parameters on human performance – crew errors in flight operation at high level altitudes.

Keywords: space weather, air crew, human performance and errors, flight data recorder

Dlhodobé vplyvy kozmického žiarenia na zdravotný stav leteckých posádok boli predmetom výskumu a boli tiež štatisticky významne preukázané u leteckých spoločností prevádzkujúcich nadzvukové dopravné lietadlá typu Concorde. Tieto lietadlá počas svojej prevádzky dosahovali letových hladín blízkych 20 000 m, kde úroveň kozmického žiarenia v určitých obdobiach mohla presahovať prípustné hygienické limity (napr. Bailey, 2000, tiež Friedberg et al., 1992). Z týchto dôvodov boli tieto typy lietadiel vybavené palubnými dozimetrami, ktoré signalizovali posádke lietadla vyššiu úroveň radiácie a nutnosť klesať do nižších a bezpečnejších letových hladín.

Od mája 2000 majú podľa Nariadenia EÚ 96/29/Euroatom, letecké spoločnosti v krajinách Európskej únie povinnosť monitorovať úroveň dávok radiácie u členov leteckých posádok. Prípustná norma nesmie byť vyššia ako 50 milisievertov (mSv) v danom roku. Špecifické pravidlá sú určené pre tehotné členky posádok: plod nesmie dostať vyššiu dávku ožiarenia ako 1mSv do konca tehotenstva (Lantos, 2002).

Sledovanie dlhodobých vplyvov kozmického žiarenia na zdravotný stav leteckého personálu bolo uskutočnené vo viacerých výskumoch a štúdiách predovšetkým v krajinách, ktoré prevádzkujú dopravné lietadlá s vysokou úrovňou letových hladín a u tých, kde sa vykonávajú strednodobé či dlhodobé lety (napr. zaoceánske lety). Výskumy radiálneho poľa na výškach, v ktorých lietajú dopravné lietadlá, boli uskutočnené napr. v začiatku 90. rokov s podporou Európskej komisie (napr. Bartlett et al., 2002).

Problém

Vzhľadom na nami už vykonané sledovanie vplyvov kozmického počasia na psychofyziologickú výkonnosť leteckého personálu napr. porovnaním rôznych období intenzity kozmického žiarenia ako ak jeho korelovaním s výsledkami psychologických vyšetrení, boli preukázané štatisticky významné závislosti medzi parametrami kozmického počasia a funkčnou úrovňou niektorých psychických stavov a kognitívnych procesov (Dzvónik, a kol., 2005):

Štatisticky významné korelácie (Tab.1) sme zistili medzi hodnotami MAST (škála neurotických črt správania, situačnej anxiozity, úzkosti a trémy) R (počet slnečných škvŕn) a SolFlux (slnečný tok). Z uvedeného paradoxne vyplýva, že nižšia miera neuroticizmu súvisí s vyšším počtom slnečných škvŕn, ako aj s vyšším tokom slnečného žiarenia. Z toho vyplýva, že na aktuálny psychický stav a jeho zmeny zrejme majú vplyv u ľudí uvedené faktory kozmického počasia, čím sa potvrdzuje hypotéza o jeho vplyve na psychickú výkonnosť. Hodnoty testu schopnosti diferencovať podnety (TDS) štatisticky významne

vzrastajú ak narastá PlasTemp (teplota plazmy), PlaSp (teplota častíc slnečného vetra), Kp a R klesajú, ak narastá hustota protónov (ProDen). Pokiaľ dochádza k poklesu Dst, narastajú hodnoty v K-teste (test vizuálnej koordinácie). Hodnoty K-testu sú lepšie ak narastá PrFI (hustota protónov s energiou > 1MeV) a zhoršujú sa, ak je porušená geomagnetická aktivita. Pamäťový (PAMATB) výkon sa zlepšuje pri náraste teploty plazmy (PlasTemp) a rýchlosti plazmy (PlaSp) a naopak klesá ak je vyššia úroveň protónovej hustoty (ProDen).

Tab. 1 Korelačná tabuľka vzťahov parametrov pravidelných skriningových psychologických vyšetrení k parametrom kozmického počasia

Korelácie (PraDz27)											
Označ. korelácie sú významné na hlad. p < ,05000											
Prem.	B	PlaTemp	ProDen	PlaSp	Kp	R	Dst	PrFI>1	PrFI>10	PrFI>60	SolFlux
MAST	-,0785 N=139 p=,358	,1251 N=139 p=,142	,1486 N=139 p=,081	,1173 N=139 p=,169	,0480 N=141 p=,572	-,2503 N=141 p=,003	,1533 N=141 p=,069	,0507 N=95 p=,626	-,1109 N=95 p=,285	-,1137 N=95 p=,273	-,2787 N=141 p=,001
DRC	-,1549 N=103 p=,118	-,0428 N=103 p=,667	-,0259 N=103 p=,795	-,0866 N=103 p=,384	-,0646 N=105 p=,513	,1040 N=105 p=,291	,0054 N=105 p=,957	,0575 N=66 p=,646	,0879 N=66 p=,483	,1312 N=66 p=,294	,0658 N=105 p=,505
TDS	-,1806 N=74 p=,124	,4023 N=74 p=,000	-,5749 N=74 p=,000	,3474 N=74 p=,002	,2755 N=74 p=,018	,3443 N=74 p=,0	-,0306 N=74 p=,796	,1849 N=48 p=,208	,1398 N=48 p=,343	,0653 N=48 p=,659	,2792 N=74 p=,016
K-test	-,0323 N=39 p=,845	,1272 N=39 p=,440	-,1524 N=39 p=,354	,1976 N=39 p=,228	,2741 N=39 p=,091	,2090 N=39 p=,202	-,3691 N=39 p=,021	,3325 N=36 p=,048	,0623 N=36 p=,718	,0584 N=36 p=,735	,1673 N=39 p=,309
CO	-,0920 N=110 p=,339	,0205 N=110 p=,832	-,1395 N=110 p=,146	,0512 N=110 p=,595	,0003 N=111 p=,998	,0247 N=111 p=,797	,1117 N=111 p=,243	-,0083 N=70 p=,946	-,0716 N=70 p=,556	-,0677 N=70 p=,578	-,0187 N=111 p=,846
PAMATB	-,1481 N=43 p=,343	,3574 N=43 p=,019	-,4763 N=43 p=,001	,3372 N=43 p=,027	,2916 N=43 p=,058	,1607 N=43 p=,303	-,0888 N=43 p=,571	,2410 N=30 p=,199	,1753 N=30 p=,354	,0500 N=30 p=,793	,1926 N=43 p=,216

Pretože posádky dopravných lietadiel pracujú vo vysokých výškach (11500 -12 000 m n.m.) je tu očakávaný vyšší vplyv kozmického žiarenia ako v pozemných podmienkach, čo by mohlo v oveľa väčšej miere ovplyvniť ich kognitívne a rozhodovacie procesy. Je možné očakávať nárast únavy a stresu či zhoršenie psychofyzickej výkonnosti spolu s nárastom chybovosti v ovládaní a manažovaní lietadlových systémov a prístrojov.

Chyby posádky sú nepretržite zaznamenané a extrahované napr. uvedeným systémom COMAFRA, prípadne aj inými palubnými prístrojmi s možnosťou záznamu údajov (napr. tzv. Flight Data Recorder), pričom tu

existuje možnosť spätného vyhodnotenia dát po každom lete, alebo aj za definované časové obdobie. Naším cieľom bolo hľadať vzťahy medzi parametrami kozmického počasia a výkonnosťou (chybami) leteckých posádok za časové obdobie rokov 1998 – 2003.

Sledované parametre chýb leteckej posádky palubným zapisovačom COMAFRA

Testovanie výkonnosti (chybovosti) posádok počas letu napr. psychologickými testami by predstavovalo nežiadúcu sekundárnu záťaž posádky, ktorá by mohla byť z hľadiska bezpečnosti letu neakceptovateľná. Zvolili sme preto možnosť hodnotenia výkonnosti posá-

dok dopravných lietadiel z parametrov systému COMAFRA (Computer Aided Flight Recording and Analysis), ktorý pracuje ako zapisovač celej škály letových parametrov, rôznych úkonov a činností posádky a lietadlových systémov. COMAFRA pozostáva z hardvéru (dekódovač dát, zapisovač

dát, medzistupne, čítacia jednotka) a softvéru vrátane programovateľných algoritmov pre automatickú analýzu dát. Nasledujúci zoznam chýb pilota (posádky) bol vybraný zo systému COMAFRA a ďalej použitý pre účely našej štatistickej analýzy.

Tab. 2 Zoznam chybných úkonov leteckej posádky zo systému COMAFRA

Druh chyby	Popis chyby	Druh chyby	Popis chyby
TP 009	Nevykonaná kontrola výškového kormidla	TP 054	Vypnutý ohrev PPD v podmienkach námrazy
TP 010	Nevykonaná kontrola krídeliek	TP 055	vypnuté odmrazovanie motorov
TP 011	Nevykonaná kontrola smerového kormidla	TP 056	Neskoré zapnutie odmrazovania motorov
TP 016	Nesprávna rýchlosť rotácie VR	TP 061	prekročenie prístrojovej rýchlosti počas vysúvania podvozku
TP 022	Prekročenie prístrojovej rýchlosti počas manipulácie s podvozkom	TP 063	Nevykonané prestavenie výškomera v prevodnej hladine
TP 024	Prekročenie uhla náklonu 10° v malej výške	TP 066	Prekročenie prístrojovej rýchlosti na začiatku vysúvania klapiek
TP 026	Prekročenie uhla náklonu 25°	TP 067	Nesprávna prístrojová rýchlosť na konci vysunutia klapiek na 28°
TP 027	Prekročenie maximálneho uhla náklonu	TP 068	Nesprávna prístrojová rýchlosť na konci vysunutia klapiek na 45°
TP 031	Nesprávna prístrojová rýchlosť pri zatahnutí klapiek na 28°	TP 071	Mimo zostupovej roviny
TP 032	Nesprávna prístrojová rýchlosť pri zatahnutí klapiek na 15°	TP 072	Mimo kurzovej roviny
TP 037	Prekročená prístrojová rýchlosť s klapkami na 15°	TP 073	Prekročenie výchylky výškového kormidla vzhľadom na polohu stabilizátora v zostupovej rovine
TP 042	Prekročená prístrojová rýchlosť s vysunutými slotmi	TP 076	Dosiahnutie kritického uhla nábehu pri priblížení
TP 044	Nevykonané prestavenie výškomera v prevodnej výške	TP 077	Výstraha priblíženia sa zeme
TP 045	Zapnutie A/P v nesprávnom náklone	TP 080	A/P zapnutý počas priblíženia pod 20m
TP 046	Zapnutie A/P počas nesprávnej prístrojovej rýchlosti	TP 086	Neskoré vypnutie spätného chodu motorov (pod 100 km/h)
TP 048	Prekročenie prístrojovej rýchlosti počas letu	TP 089	Nesprávna prístrojová rýchlosť počas prestavovania stabilizátora
TP 049	Prekročenie Machovho čísla	TP 090	Prekročenie uhla náklonu pri zapnutom A/P
TP 051	Prekročenie vertikálneho zrýchlenia (Ny)	TP 091	Prekročenie prístrojovej rýchlosti s klapkami na 28°
TP 052	Prekročenie horizontálneho zrýchlenia (Nz)	TP 092	Prekročenie prístrojovej rýchlosti s klapkami na 45°
TP 053	Neskoré zapnutie ohrevu PPD (Pitotových snímačov)	TP 093	Minimálne množstvo paliva

Sledované parametre kozmického počasia

Kozmické počasia zahŕňa množstvo rôznych efektov, ktoré sú inicializované fyzikálnymi procesmi na slnečnom povrchu, v medziplanetárnom prostredí, v zemskej magnetosfére, ionosfére a atmosfére, a ktoré majú niektoré nepriaznivé účinky na technologické systémy nielen na družiciach, ale aj na lietadlách a na zemskom povrchu ako aj na ľudí.

V tejto štúdii sme pripravili dáta za obdobie január 1998 až december 2003 a rozdelili ich do niekoľkých skupín.

V prvej skupine sú merania intenzity kozmického žiarenia na stanici Lomnický štít. Tieto dáta sú získané zo spojených meraní tam prebiehajúcich (v reálnom čase sú na <http://neutronmonitor.ta3.sk>). Variácie kozmického žiarenia z tejto stanice odrážajú toky s rigiditami nad 4 GV, čo je prahová rigidita tejto polohy. Na vyšších šírkach je prahová rigidita nižšia. Preto sme sadu dát z Lomnického štítu doplnili údajmi meraní fínskej stanice Oulu. O súvislostiach kozmického žiarenia a kozmického počasia je viacero podrobností uvedených v práci (Kudela a kol., 2000).

V druhej skupine sú údaje o geomagnetickej aktivite. Tie sú opísané jedným indexom Dst, ktorý je prevzatý zo stránky <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov> a každú hodinu charakterizuje porušenosť geomagnetického poľa na nízkych šírkach. Okrem toho je zo stránky z OMNIWEB NASA <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/> prevzatý Kp index, ktorý je 3-hodinový a opisuje poruchy zemského magnetického poľa na stredných šírkach.

Ako fyzikálne parametre medziplanetárneho priestoru sme do dátovej bázy uviedli hodinové údaje o plazme slnečného vetra (teplota protónov slnečného vetra, jej hustota, rýchlosť toku), ale tiež toky energetických protónov, ktoré nie sú pozorovateľné na zemskom povrchu a musia sa sledovať z družíc (t.j. protóny s energiami nad 1, 10 a 60 MeV) a modul medziplanetárneho magnetického poľa, ktoré je vmrzené v plazme slnečného

vetra a je ním vynášané zo slnečného povrchu do medziplanetárneho priestoru.

Pre charakteristiku slnečnej aktivity sme bázu doplnili o počet slnečných škvŕn a tok rádiového žiarenia s vlnovou dĺžkou 10,7 cm.

Nakoľko dáta slnečnej, medziplanetárnej a geomagnetickej aktivity sú charakterizované na rôznych časových škálach, a to isté platí o uvedených v prvej časti, bolo potrebné pre porovnávacie štúdie spraviť množstvo prác spojených s ich úpravou.

Počty letov za jeden deň sú relatívne nízke na to, aby sa dali jednoducho korelovať s parametrami kozmického počasia, preto dáta boli sumované v 27-denných intervaloch zodpovedajúcich slnečnej rotácii. Z nich získané stredné hodnoty boli použité na výpočet korelácií medzi niektorými fyzikálnymi parametrami a údajmi z palubného záznamového systému COMAFRA. Získané výsledky sú v nasledujúcich tabuľkách a grafoch.

Vzorka

Na výskume sa zúčastnilo 15 členov kompletných pilotných posádok 3 lietadiel TU 154 M. Tieto lietadlá boli vybavené systémom COMAFRA a prevádzkované leteckou spoločnosťou Slovenské Aerolínie a.s. v priebehu rokov 1998 – 2003. Za toto obdobie tieto posádky vykonali spolu 2171 letov a celkovo nalietali 6736,2 letových hodín vo výškových hladinách do 15 000 m n.m., do 50 rôznych destinácií v rámci európskeho kontinentu, ale aj zámoria. Tab. 3 ďalej ukazuje priemerné hodnoty počtu chýb na počet letov a počet letových hodín.

Výsledky

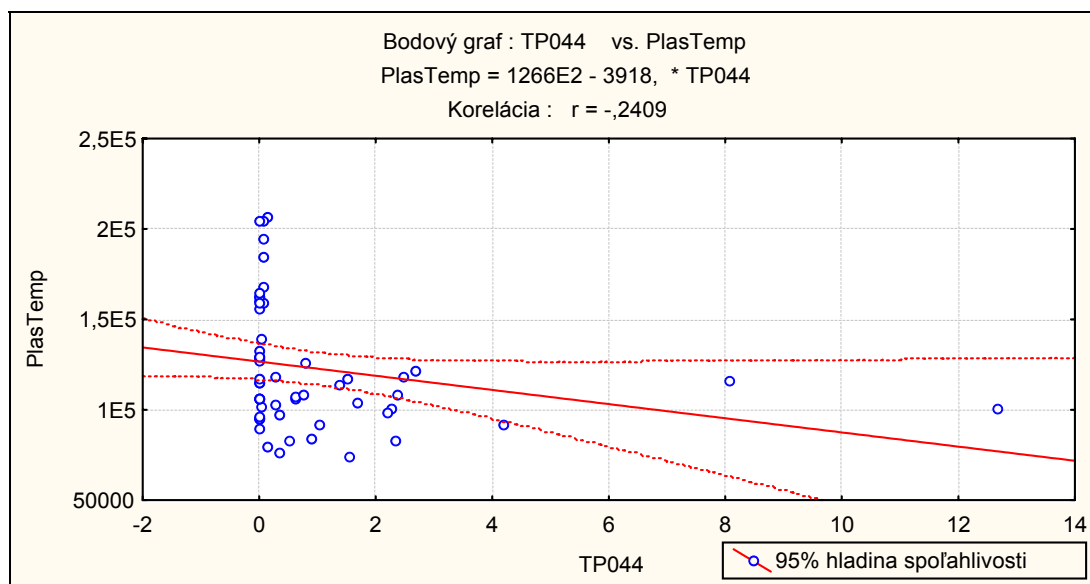
Z vykonanej štatistickej analýzy stredných hodnôt chýb posádky zaznamenaných a vyhodnotených palubným systémom COMAFRA a stredných hodnôt parametrov kozmického počasia vyplýva, že štatisticky významná závislosť ($p < ,08$) bola zistená u týchto parametrov:

Tab. 3 Prehľad o počtoch letov, letových hodín a chybách posádok lietadiel v rokoch 1998-2003

Rok	Počet letov	Počet letových hodín (LH)	Počet chýb	Priemerný počet chýb na 1 let	Priemerný počet chýb na 1 LH
1998	129	398,4	652	5,0	1,6
1999	44	141,1	2183	49,6	15,4
2000	218	709,2	4034	18,5	5,6
2001	501	1443,5	4921	9,8	3,4
2002	568	1839	2656	4,7	1,4
2003	711	2205	6022	8,5	2,7
Celkom	2171	6736,2	20498	9,44	3

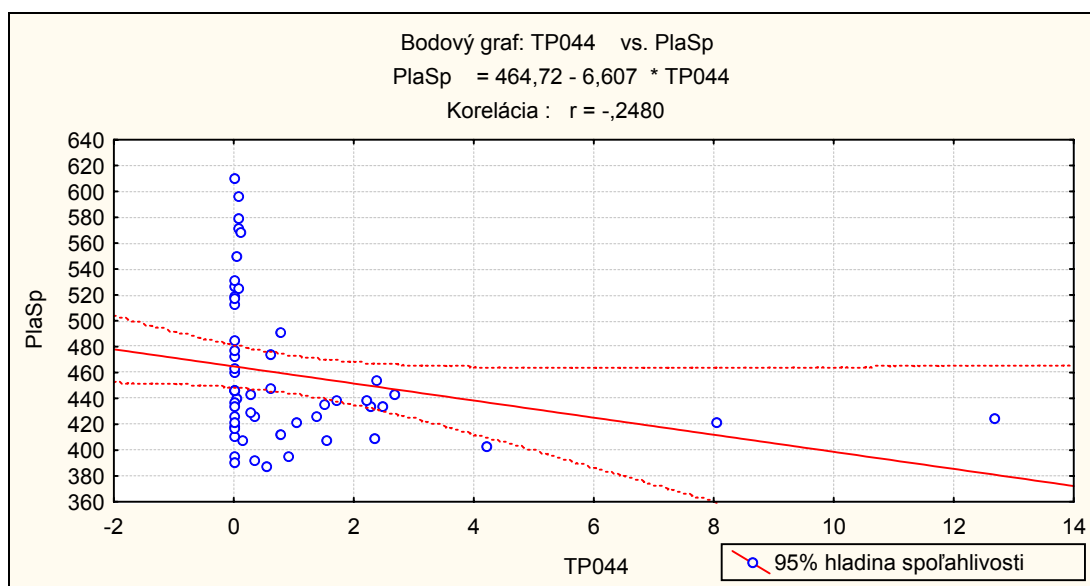
- TP024 (Prekročenie uhla náklonu 10° v malej výške) a TP026 (Prekročenie uhla náklonu 25°) narastajú ak stúpa tok protónov PrFlux s energiou väčšou ako 60MeV ($r=,4404$; $r=,4332$). Parameter TP024 hovorí o chybe posádky spojenej s rozhodovaním a pilotovaním lietadla,

Graf 1



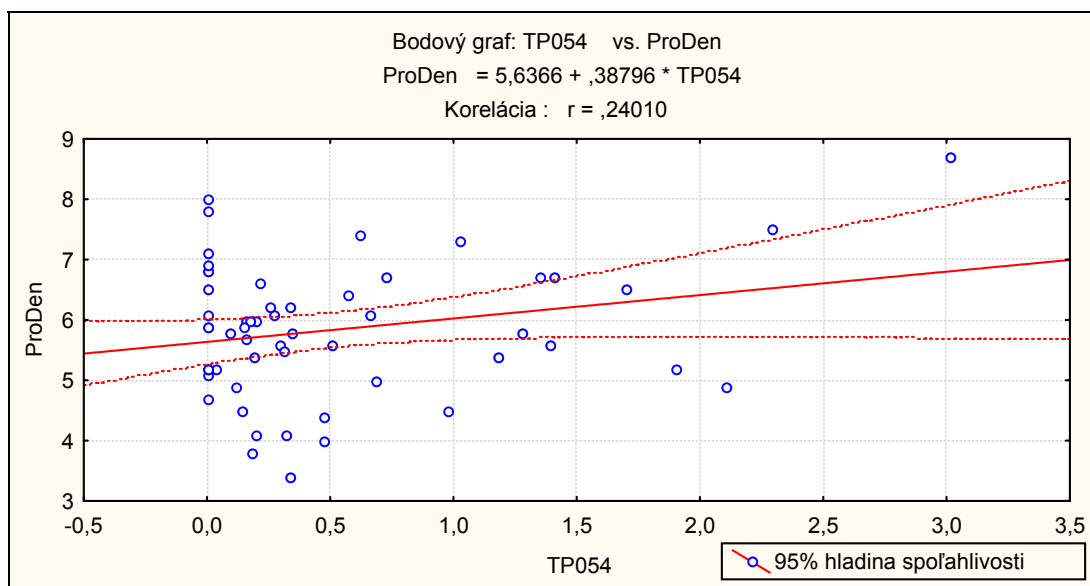
- TP044 (Nevykonané prestavenie výškomera v prevodnej výške) klesá ak narastá teplota plazmy PlaTemp ($r=-,2409$) a rýchlosť plazmy PlaSp ($r=-,2480$) – Graf 1. V tomto prípade TP044 môže ísť chybu spojenú so zabudnutím vplyvom vyššej miery záťaže či stresu, alebo niekedy aj o vedomé nedodržanie postupov.

Graf 2

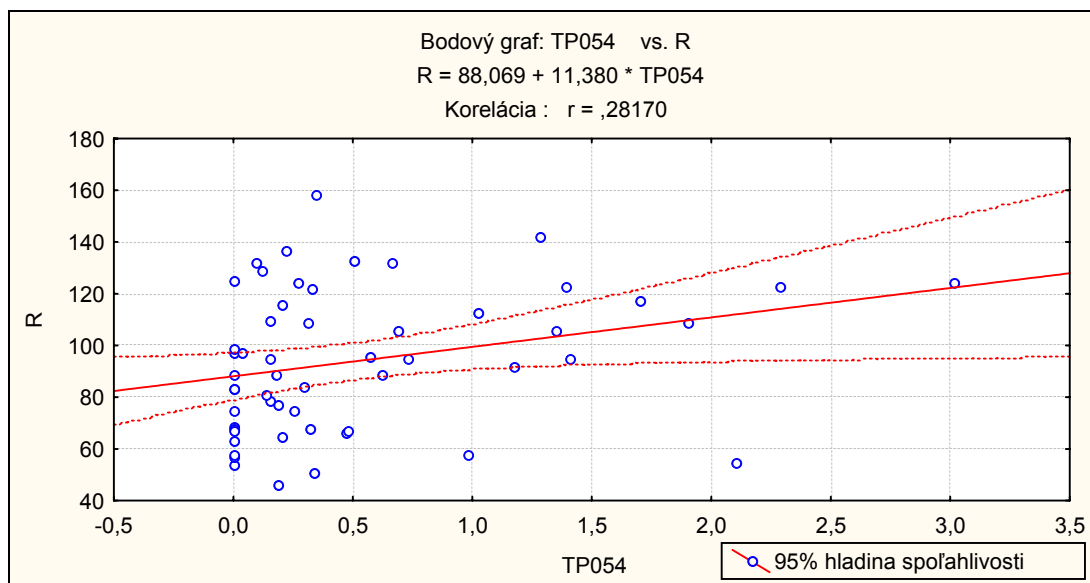


- TP051 (Prekročenie vertikálneho zrýchlenia N_y) a TP052 (Prekročenie horizontálneho zrýchlenia N_z) sa znižuje pri náraste indukcie medziplanetárneho magnetického poľa B , naopak k jeho zvýšeniu dochádza pri náraste PlaTemp (teplota plazmy) ($r=,3007$) a náraste PlaSp (rýchlosť plazmy) ($r=,2887$) opäť klesá pri náraste ProDen ($r=,2804$). V tomto prípade ide o chyby posádky spojené s ovládaním lietadla prípadne aj kvalitou koordinácie činností v posádke.

Graf 3

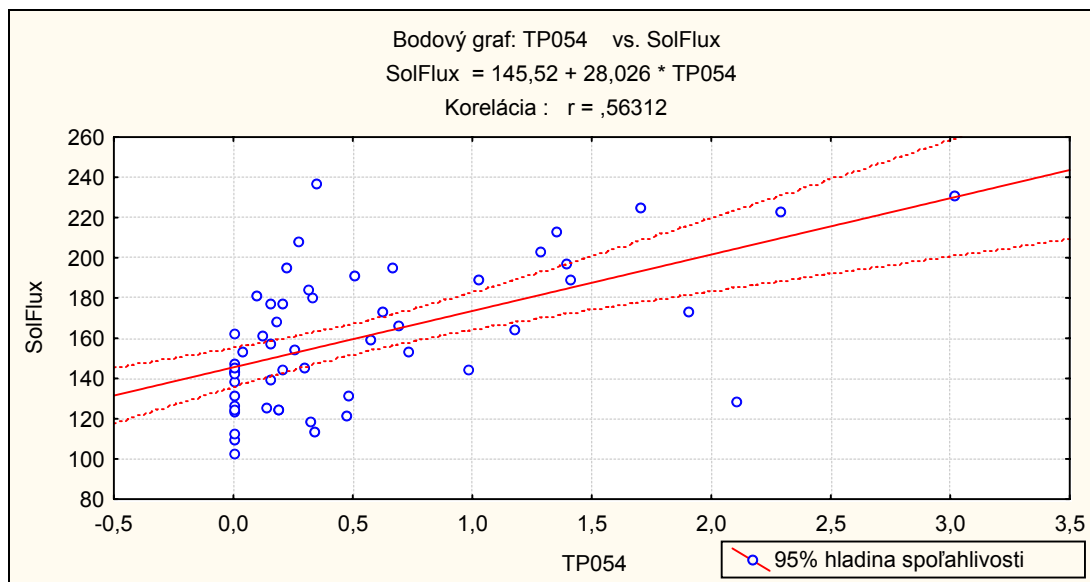


Graf 4

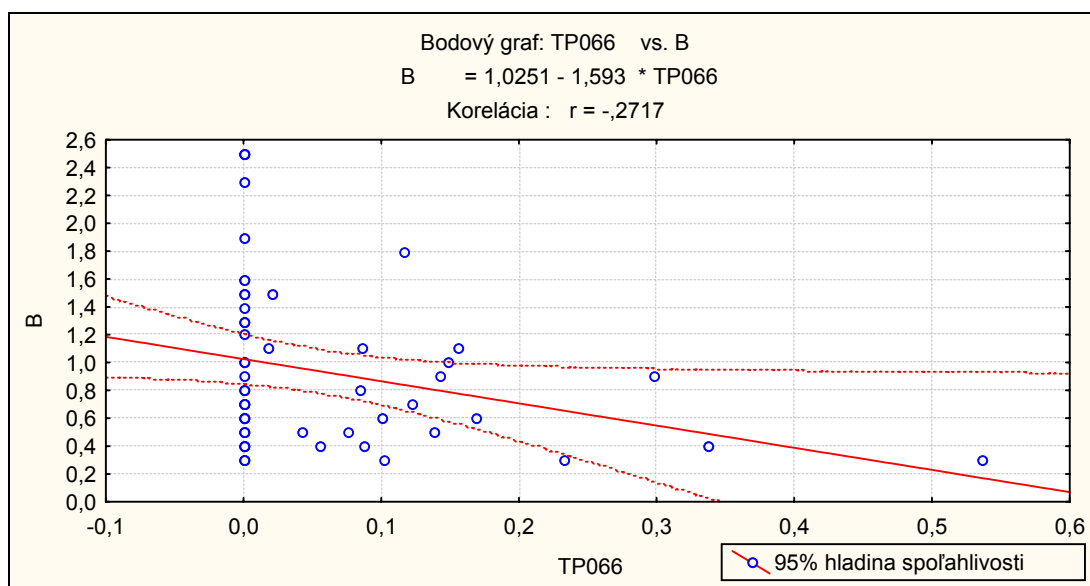


- TP054 (Vypnutý ohrev PPD v podmienkach námrazy) a TP055 (Vypnuté odmrazovanie motorov) sa zvyšuje pri náraste ProDen (protónová hustota) ($r=,2401$), zvyšujúcom sa R (počte slnečných škvŕn) ($r=,2817$) a Sol Flux (rádiomovom toku zo Slnka) ($r=,5631$), naopak klesá pri náraste ProFl >60 (protónový tok). Tieto chyby posádky súvisia s rozhodovaním resp. nedodržaním štandardných postupov.

Graf 5

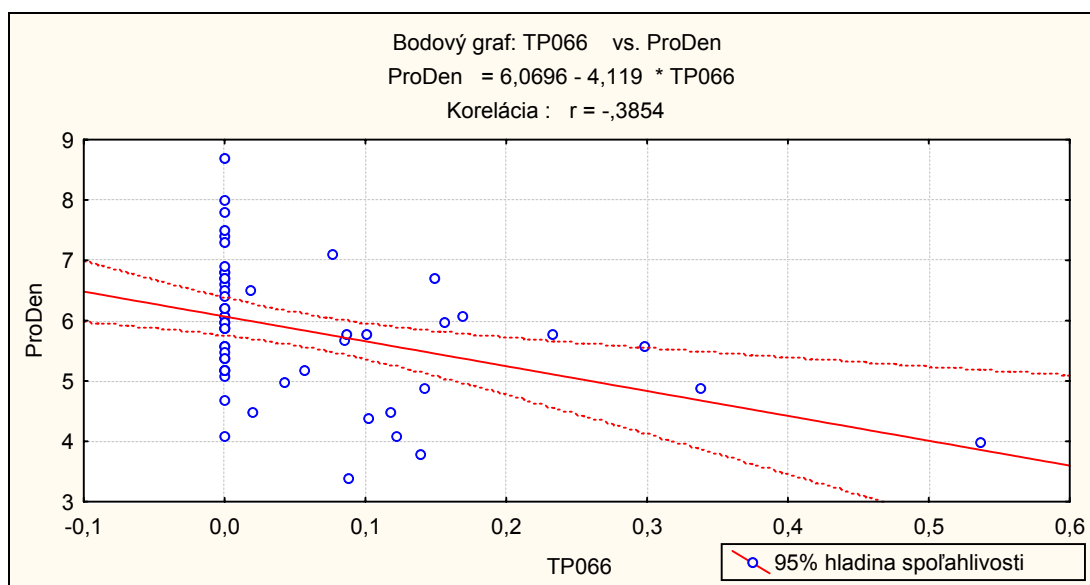


Graf 6



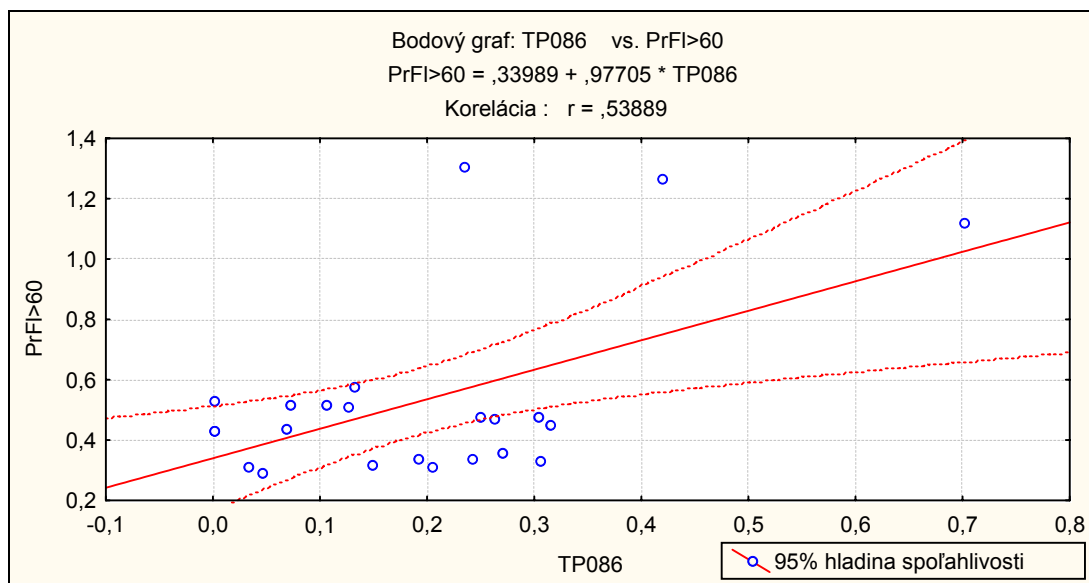
- TP066 (Prekročenie prístrojovej rýchlosti na začiatku vysúvania klapiek), TP067 (Nesprávna prístrojová rýchlosť na konci vysunutia klapiek na 28°) a TP068 (Nesprávna prístrojová rýchlosť na konci vysunutia klapiek na 45°) narastajú pri zvyšovaní sa PlaTemp (teplota plazmy) ($r=,3144$; $r=,3363$; $r=,4669$) a PlaSp (rýchlosť plazmy) ($r=,4021$; $r=,2697$; $r=,4814$), naopak tieto chyby sa znižujú, ak narastá ProDen (protónová hustota) ($r=-,3854$; $r=-,2554$; $r=-,3685$). Tieto chyby posádky sa spájajú s nedostatočným ovládaním pilotovania, nedodržaním štandardných postupov i zlou spolupracou v posádke.

Graf 7



- TP073 (Prekročenie výchylky výškového kormidla vzhľadom na polohu stabilizátora v zostupovej rovine) sa znižuje ak narastá SolFlux (rádiový tok zo Slnka) ($r=-,2926$). Ide o chybu spojenú s nedodržaním letových parametrov a štandardných postupov.

Graf 8



- TP086 (Neskoré vypnutie spätného chodu morov (pod 100 km/h)) narastá, ak sa zvyšuje ProDen (hustota protónov) ($r=,3603$) a ProFI>60 (tok vysokoenergetických protónov) ($r=,5389$). Táto chyba súvisí s hodnotením situácie v prostredí letovej činnosti, pilotovaním a spoluprácou v posádke.
- TP093 (Minimálne množstvo paliva) narastá, ak sa zvyšuje PlaTemp (teplota plazmy) ($r=,2452$) a narastá PlaSp (rýchlosť plazmy) ($r=,2770$). Chyba súvisí s plánovaním letu, spoluprácou v posádke a s riadením letovej prevádzky.

Tab. 4 Korelačná tabuľka závislostí hodnotených chýb posádky z palubného systému COMAFRA a parametrov kozmického počasia

Korelácie (COMAFRA – 27-denné stredné hodnoty počtu chýb na letovú hodinu)											
Označ. korelácie sú významné na hlad. $p < ,08000$											
Prem.	B	PlaTemp	ProDen	PlaSp	Kp	R	Dst	PrFI>1	PrFI>10	PrFI>60	SolFlux
Err/LH	,0357 N=55 p=,796	-,0415 N=55 p=,764	,2318 N=55 p=,089	-,0525 N=55 p=,703	-,0766 N=55 p=,578	-,0488 N=55 p=,723	,0635 N=55 p=,645	-,2292 N=23 p=,293	-,2338 N=23 p=,283	-,1419 N=23 p=,518	,0243 N=55 p=,860
TP022	-,0563 N=55 p=,683	,0049 N=55 p=,972	-,0091 N=55 p=,947	-,0837 N=55 p=,544	-,0812 N=55 p=,556	,0486 N=55 p=,724	,0679 N=55 p=,622	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-,0098 N=55 p=,943
TP024	,0156 N=55 p=,910	-,0250 N=55 p=,856	,1208 N=55 p=,380	-,0899 N=55 p=,514	-,0909 N=55 p=,509	-,2004 N=55 p=,142	,0264 N=55 p=,848	-,0924 N=23 p=,675	-,0688 N=23 p=,755	,4404 N=23 p=,035	-,2358 N=55 p=,083
TP026	,0147 N=55 p=,915	-,0240 N=55 p=,862	,1156 N=55 p=,400	-,0886 N=55 p=,520	-,0903 N=55 p=,512	-,1883 N=55 p=,169	,0214 N=55 p=,877	-,0932 N=23 p=,672	-,0726 N=23 p=,742	,4332 N=23 p=,039	-,2248 N=55 p=,099
TP027	,1605 N=55 p=,242	,0331 N=55 p=,810	,0459 N=55 p=,739	,0559 N=55 p=,685	,1251 N=55 p=,363	-,1767 N=55 p=,197	-,1281 N=55 p=,351	-,1376 N=23 p=,531	-,1228 N=23 p=,577	-,0786 N=23 p=,721	-,1506 N=55 p=,272
TP037	-,0552 N=55 p=,689	,0387 N=55 p=,779	,1293 N=55 p=,347	,0255 N=55 p=,853	-,0244 N=55 p=,860	-,0391 N=55 p=,777	,0687 N=55 p=,618	,0445 N=23 p=,840	,0576 N=23 p=,794	,0064 N=23 p=,977	,0022 N=55 p=,987
TP042	-,1002 N=55 p=,467	-,0168 N=55 p=,903	,1659 N=55 p=,226	-,0300 N=55 p=,828	-,1187 N=55 p=,388	-,0123 N=55 p=,929	,1411 N=55 p=,304	-,1444 N=23 p=,511	-,1601 N=23 p=,466	-,1972 N=23 p=,367	,0571 N=55 p=,679
TP044	,1679 N=55 p=,220	-,2409 N=55 p=,076	,2205 N=55 p=,106	-,2480 N=55 p=,068	-,1944 N=55 p=,155	-,0114 N=55 p=,934	,1051 N=55 p=,445	-,1721 N=23 p=,432	-,1454 N=23 p=,508	,1268 N=23 p=,564	-,0972 N=55 p=,480
TP045	,2111 N=55 p=,122	-,1444 N=55 p=,293	,1842 N=55 p=,178	-,1412 N=55 p=,304	-,0740 N=55 p=,591	-,1866 N=55 p=,173	,0390 N=55 p=,777	-,1051 N=23 p=,633	-,0819 N=23 p=,710	,1134 N=23 p=,607	-,2357 N=55 p=,0
TP046	,0374 N=55 p=,787	-,0055 N=55 p=,968	,0200 N=55 p=,885	-,0377 N=55 p=,785	-,0885 N=55 p=,521	,0048 N=55 p=,972	,1628 N=55 p=,235	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-,0850 N=55 p=,537
TP048	-,0874 N=55 p=,526	-,0163 N=55 p=,906	,1766 N=55 p=,197	-,0335 N=55 p=,808	-,1101 N=55 p=,424	-,0156 N=55 p=,910	,1407 N=55 p=,306	-,1374 N=23 p=,532	-,1520 N=23 p=,489	-,1783 N=23 p=,416	,0643 N=55 p=,641
TP051	-,2624 N=55 p=,053	,3007 N=55 p=,026	-,2804 N=55 p=,038	,2887 N=55 p=,033	,2074 N=55 p=,129	-,0287 N=55 p=,835	-,0181 N=55 p=,896	-,1919 N=23 p=,380	-,2497 N=23 p=,250	-,3267 N=23 p=,128	-,1043 N=55 p=,449
TP052	-,1669 N=55 p=,223	,3458 N=55 p=,010	-,3304 N=55 p=,014	,3550 N=55 p=,008	,2886 N=55 p=,033	-,0962 N=55 p=,485	-,1425 N=55 p=,299	-,0145 N=23 p=,948	,0265 N=23 p=,904	-,0779 N=23 p=,724	-,1762 N=55 p=,198
TP054	-,0261 N=55 p=,850	-,0046 N=55 p=,973	,2401 N=55 p=,077	-,0250 N=55 p=,856	-,0450 N=55 p=,744	,2817 N=55 p=,037	-,0681 N=55 p=,1	-,1368 N=23 p=,534	-,2573 N=23 p=,236	-,4123 N=23 p=,051	,5631 N=55 p=,000
TP055	-,0261 N=55 p=,850	-,0046 N=55 p=,973	,2401 N=55 p=,077	-,0250 N=55 p=,856	-,0450 N=55 p=,744	,2817 N=55 p=,037	-,0681 N=55 p=,1	-,1368 N=23 p=,534	-,2573 N=23 p=,236	-,4123 N=23 p=,051	,5631 N=55 p=,000
TP061	-,0658 N=55 p=,633	-,0258 N=55 p=,852	,1845 N=55 p=,0	-,0429 N=55 p=,756	-,1154 N=55 p=,401	-,0368 N=55 p=,790	,1420 N=55 p=,301	-,1543 N=23 p=,482	-,1652 N=23 p=,451	-,1876 N=23 p=,391	,0427 N=55 p=,757

PhDr. Oliver Dzvonič, CSc., odzvonik@stonline.sk Letecká vojenská nemocnica, Košice
 Mgr. Jana Štetiarová, stetiario@upjs.sk Ústav experimentálnej fyziky, Košice
 prof. Ing. Karel Kudela, DrSc., kkudela@upjs.sk, Ústav experimentálnej fyziky, Košice
 MUDr. Peter Daxner, PhD., daxner@lvn.sk, Letecká vojenská nemocnica, Košice

TP063	-,0540 N=55 p=,696	-,0197 N=55 p=,887	,1953 N=55 p=,153	-,0352 N=55 p=,799	0 N=55 p=,521	-,0252 N=55 p=,855	,1303 N=55 p=,343	-,1180 N=23 p=,592	-,1247 N=23 p=,571	-,1397 N=23 p=,525	,0552 N=55 p=,689
TP066	-,2717 N=55 p=,045	,3144 N=55 p=,019	-,3854 N=55 p=,004	,4021 N=55 p=,002	,3233 N=55 p=,016	-,0163 N=55 p=,906	,0124 N=55 p=,928	,2044 N=23 p=,349	,0206 N=23 p=,926	-,2650 N=23 p=,222	-,1415 N=55 p=,303
TP067	-,0996 N=55 p=,469	,3363 N=55 p=,012	-,2554 N=55 p=,060	,2697 N=55 p=,046	,2278 N=55 p=,094	-,0853 N=55 p=,536	-,1190 N=55 p=,387	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-,1444 N=55 p=,293
TP068	-,1846 N=55 p=,177	,4669 N=55 p=,000	-,3685 N=55 p=,006	,4814 N=55 p=,000	,4192 N=55 p=,001	-,0681 N=55 p=,621	-,2284 N=55 p=,094	-,0134 N=23 p=,952	-,0777 N=23 p=,725	-,2065 N=23 p=,344	-,1634 N=55 p=,233
TP071	-,0155 N=55 p=,911	-,0037 N=55 p=,979	-,0965 N=55 p=,484	-,0104 N=55 p=,940	-,0736 N=55 p=,593	-,0682 N=55 p=,1	,0967 N=55 p=,482	-,0847 N=23 p=,701	0 N=23 p=,1	,1112 N=23 p=,614	-,1767 N=55 p=,197
TP072	,0745 N=55 p=,589	,0555 N=55 p=,688	,1906 N=55 p=,163	-,0137 N=55 p=,921	-,0585 N=55 p=,671	-,0590 N=55 p=,669	,0633 N=55 p=,646	-,0807 N=23 p=,714	-,0881 N=23 p=,689	,1684 N=23 p=,442	-,0213 N=55 p=,877
TP073	-,0451 N=55 p=,744	-,1962 N=55 p=,151	,1768 N=55 p=,0	-,1520 N=55 p=,268	-,1148 N=55 p=,404	-,1680 N=55 p=,220	,0121 N=55 p=,930	,0176 N=23 p=,936	,1360 N=23 p=,536	,2661 N=23 p=,220	-,2926 N=55 p=,030
TP080	-,0320 N=55 p=,817	,1011 N=55 p=,463	,0323 N=55 p=,815	,1016 N=55 p=,460	,0295 N=55 p=,831	,0955 N=55 p=,488	,1369 N=55 p=,319	-,1540 N=23 p=,483	-,1348 N=23 p=,540	-,2084 N=23 p=,340	,1508 N=55 p=,0
TP086	,1897 N=55 p=,165	-,1477 N=55 p=,282	,3603 N=55 p=,007	-,1888 N=55 p=,167	-,1379 N=55 p=,315	-,1575 N=55 p=,251	-,0319 N=55 p=,817	,0879 N=23 p=,690	,1428 N=23 p=,516	,5389 N=23 p=,008	-,2266 N=55 p=,096
TP089	-,0345 N=55 p=,802	-,0205 N=55 p=,882	,1859 N=55 p=,174	-,0371 N=55 p=,788	-,0905 N=55 p=,511	-,0187 N=55 p=,892	,1113 N=55 p=,418	-,0313 N=23 p=,887	-,0267 N=23 p=,1	-,0629 N=23 p=,776	,0375 N=55 p=,786
TP090	,0401 N=55 p=,771	-,0067 N=55 p=,961	,0196 N=55 p=,887	-,0421 N=55 p=,760	-,0822 N=55 p=,551	,0287 N=55 p=,1	,1561 N=55 p=,255	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-,0616 N=55 p=,655
TP091	,1124 N=55 p=,414	-,0859 N=55 p=,533	,1853 N=55 p=,176	-,0888 N=55 p=,519	-,0892 N=55 p=,517	-,1091 N=55 p=,428	,0993 N=55 p=,471	-,2066 N=23 p=,344	-,2085 N=23 p=,340	-,1969 N=23 p=,368	-,0765 N=55 p=,579
TP092	0 N=55 p=,696	0 N=55 p=,887	0 N=55 p=,0	0 N=55 p=,799	0 N=55 p=,521	0 N=55 p=,855	0 N=55 p=,343	0 N=23 p=,592	0 N=23 p=,571	0 N=23 p=,525	0 N=55 p=,689
TP093	-,1453 N=55 p=,290	,2452 N=55 p=,071	-,2304 N=55 p=,091	,2770 N=55 p=,041	0 N=55 p=,094	-,1404 N=55 p=,307	,0002 N=55 p=,999	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-- N=23 p=---	-,1566 N=55 p=,254

Záver

Na základe nami uskutočnenej štatistickej analýzy vzťahov sledovaných parametrov kozmického počasia a dlhodobo sledovaných dát o chybách posádok z palubného systému COMAFRA vyplynulo, že podobne ako v pozemných podmienkach, aj tu nepochybne

existujú a dokonca majú vplyv na chybovosť leteckých posádok. Toto zistenie je pomerne závažné aj vzhľadom k skutočnosti, že práve ľudské faktory sú v leteckej doprave najčastejšou príčinou nehôd a incidentov. Uvedomenie si tohto vplyvu by malo mať odraz v racionálnejšom plánovaní letovej činnosti a jej manažmente aj z globálneho hľadiska a

vzhľadom na vysoký nárast jej hustoty najmä v rozvinutých oblastiach sveta.

Kozmické počasie má okrem preukázaných dlhodobých vplyvov na zdravie ľudí aj štatisticky významné vplyvy na tzv. aktuálny funkčný stav (psychický a fyzický stav) členov posádok lietadiel. Aktuálny psychický a fyziologický stav organizmu človeka sa premieta do úrovne zvládania konkrétnej činnosti na palube lietadla či už jednotlivcami alebo aj v skupine (posádke), v ktorej kvalita spolupráce má priamy dopad na bezpečnosť. Domnievame sa, že naše zistenia by mohli byť využiteľné v predikcii napr. možných vplyvov kozmického počasia na také oblasti ľudskej činnosti, ktoré stavajú na vysokej spoľahlivosti, či nízkej náchylnosti k únave a chybovému správaniu ľudského faktora.

K takýmto činnostiam nepochybne patrí nielen letectvo a doprava vôbec, ale aj prevádzky s vysokým rizikom ohrozenia, ako napr. jadrové elektrárne, chemické a iné operátorské prevádzky a systémy.

Relatívne vysoké korelácie sledovaných parametrov psychickej výkonnosti sa na danej vzorke ukazujú v súvislosti s rádiovým slnečným tokom a s tokom vysokoenergetických protónov. To indikuje vhodnosť pokračovania štúdia súvislosti týchto parametrov so slnečnými emisiami tak elektromagnetickými (rôznych vlnových dĺžok až po gama žiarenie), ako aj s tokmi korpuskulárnych častíc (protóny, možno aj elektróny rôznych energií), a to nielen u leteckého personálu, ale aj na väčších dostupných vzorkách.

PodĎakovanie

Táto štúdia bola pripravená s podporou slovenskej grantovej agentúry APVT, projekt 20-025902. Týmto vyslovujeme poďakovanie Slovenským Aerolíniám a.s. za láskavé poskytnutie dát a informácií z palubného systému COMAFRA a Ing. Igorovi Strhářskemu, za pomoc pri ich dešifrovaní.

Literatúra

- Bartlett D.T. et al.(2002): Investigation of radiation doses at aircraft altitudes during a complete solar cycle, SOLPA: The Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, Voco Equise Italy, 24-29 September 2001 (ESA SP-477, February 2002), 525-528
- Bailey S. (2000): Air crew radiation exposure – An overview, Nuclear News, January 2000, 32-38
- Dzvoník O., Štetiarová J., Kudela K., Daxner, P. (2005): Sledovanie vplyvov kozmického počasia na niektoré parametre psychickej výkonnosti a zdravotného stavu leteckého personálu, *Prednesené na 26. konferenci „ Človek ve svém pozemském a kosmickém prostředí“* Úpice 17. – 19. 5. 2005
- Friedberg W., Snyder L., Faulkner, D.N., Darden Jr. E.B., O'Brien K. (1992): Radiation Exposure of Carrier Crewmembers II, U.S. Department of Transportation FAA, DOT/FAA/AM-92/2
- Kudela K, Storini M, Hofer MY, Belov A. (2000): Cosmic rays in relation to space weather, Space Science Reviews, 93 (1-2): 153-174
- Lantos P. (2002): Monitoring a space weather application the radiation doses received by air crews, SOLPA: The Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, Voco Equise Italy, 24-29 September 2001 (ESA SP-477, February 2002),529-531
- Bentley R.D. et al. (2002): Monitoring cosmic radiation on aircraft, SOLPA: The Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, Voco Equise Italy, 24-29 September 2001 (ESA SP-477, February 2002),