

Měření kosmického záření Dozimetrie posádek letadel

Rastislav Blaho¹, Ondřej Knopp², Lukáš Melcher³, Jan Pokorný⁴, and
Borek Požár⁵

¹Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého, Trenčín –
rastislavblaho1997@gmail.com

²Gymnázium Třeboň na Sadech 308, Třeboň – knoppkozich@seznam.cz

³GCHD, Praha – lmelcher1@gmail.com

⁴Gymnázium a OA Bučovice, Bučovice – jmenujusepopcorn@usa.com

⁵Gymnázium Zmikunda Wintra, Rakovník – pozar.borek@gmail.com

21. 6. 2016

Abstrakt

V naší práci jsme se věnovali porovnávání množství kosmického záření, jemuž jsou vystaveni piloti dopravních letů, s dávkou, kterou dostávají piloti sportovních letadel. Z naměřených údajů počtu různých částic kosmického záření, absorbovaných dávek a prostorového dávkového ekvivalentu v určitých časových úsecích jsme zjišťovali úhrnný prostorový dávkový ekvivalent za dobu jednoho roku. Práce zahrnuje i grafy závislosti prostorového dávkového ekvivalentu v čase na výšce letu.

1 Úvod

Zemský povrch je vystaven velkému množství částic, které na něj dopadají a interagují s ním. Celé spektrum těchto částic souhrnně nazýváme kosmické záření. Podle místa vzniku ho můžeme dělit na primární a sekundární.

Primární kosmické záření vzniká mimo zemskou atmosféru. U primárního záření můžeme rozlišovat tok přicházející od Slunce, tedy sluneční korpuskulární záření, a tok vysokoenergetických částic pocházející z míst mimo Sluneční soustavu. Co se týče složení, cca 98% tvoří protony a alfa částice a cca 2% tvoří beta částice, antiprotony a jádra známých prvků. Během průchodu částic primárního záření atmosférou dochází k interakci s ní a výsledkem je tzv. sekundární záření.

To je pro náš projekt významnější. Je tvořeno neutrony, piony, miony, pozitrony a malým množstvím vysokoenergetických protonů. Všechny tyto částice můžeme taktéž rozdělit na měkkou a tvrdou složku sekundárního kosmického záření. Ještě zmíníme nejzajímavější částice tvrdé složky. Zaprvé miony, jejichž energie dosahují až 600 MeV, pronikají hluboko do atmosféry a jsou tedy detekovatelné i na zemském povrchu. Zadruhé neutrony, které

vzhledem k větší hmotnosti, a tedy i energii, mají na lidské tělo větší vliv než ostatní částice.

Kosmické korpuskulární záření, respektive některé jeho složky, jsou nebezpečné pro lidský organismus. Naštěstí je velká část odstíněna geomagnetickým polem Země. To se chová jako zrcadlo, takže většinu částic pohybujících se směrem k Zemi vychýlí z jejich původní trajektorie. Siločáry geomagnetického pole tvoří Van Allenovy radiační pásy, které obklopují Zemi. Tento fyzikální jev je velmi významný z pohledu polární záře, částice dopadající směrem k jednomu ze dvou magnetických pólů Země nejsou odstíněné, takže pokud mají dostatečně vysokou energii, dokážou excitovat atomy v Zemské atmosféře. Následná deexcitace je zdrojem fotonů s určitou vlnovou délkou, která tvoří efekt polární záře.

Při měření vlivu působení kosmického záření na člověka zavádíme veličiny charakterizující interakci ionizujícího záření s hmotou.

Absorbovaná dávka D je definovaná jako podíl střední sdělené energie $d\bar{\epsilon}$ předané ionizujícím zářením látky o hmotnosti dm v malém prostoru.

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm} .$$

Jednotkou absorbované dávky je Gray a značí se $[D] = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Efektivní dávka E je veličina, která přímo popisuje účinek záření na lidský organismus. Je definována jako suma součinů průměrných hodnot dávek absorbovaných určitým orgánem či tkání D_T , kde dolní index T značí konkrétní orgán, a radiačních váhových faktorů w_R , které se liší pro různé druhy záření a dolní index R zde značí právě druh záření, tedy

$$E = \sum_T \sum_R w_R \cdot D_T .$$

Jednotkou efektivní dávky je Sievert $[H] = 1 \text{ Sv}$.

Efektivní dávka se nedá opravdu měřit, proto se definuje prostorový dávkový ekvivalent $H^*(10)$. Ten udává efektivní dávku způsobenou zářením v kouli aproximující lidské tělo (standartní ICRU = norma) v hloubce 10 mm tkáně. Pro námi použitý detektor Liulin se tato hodnota počítá jako

$$H^*(10) = k_{\text{low}} D_{\text{low}} + k_{\text{neut}} D_{\text{neut}} ,$$

kde D_{low} je celková deponovaná dávka nízkoenergetických částic. Nízkoenergetické částice jsou ty, které v detektoru zanechaly energii menší než 1 MeV, naopak D_{neut} je celková dávka, kterou tam zanechaly částice, které samotné v detektoru zanechaly energii větší než 1 MeV. Ve většině případů jde o neutrony. Nakonec koeficienty $k_{\text{low}} = 1,22$ a $k_{\text{neut}} = 6,18$, které převádí absorbovanou dávku na prostorový dávkový ekvivalent.

2 Výsledek zapojení kreativního uvažování

2.1 Materiály a metody

Při měření kosmického záření jsme použili polovodičový detektor Liulin. Fotodioda zapojená v závěrném směru detekuje energii $\bar{\epsilon}$ dopadajícího záření. Podle energie se v detektoru třídí dopady částic a jejich počet se zaznamenává do jednoho z 256 kanálů. Detektor je zkalibrován tak, že šířka jednoho kanálu je 81,3 keV. Zjistili jsme, kolik kterých částic s

danou energií jsme zaznamenali pomocí detektoru a následně určili celkovou deponovanou energii v objemu detektoru.

Další veličinou, kterou jsme určovali, byla absorbovaná dávka D . Ta se spočítá jako celková deponovaná energie částic v detektoru ku celkové hmotnosti křemíkové části detektoru, který právě zachytává částice. Hmotnost křemíku v detektoru Liulin je výrobcem udaných $m_{\text{Si}} = 1,398 \cdot 10^{-4}$ kg.

Dvojice těchto detektorů byla podrobena dvěma letům do výšky cca 4,6 km společně s pilotem letadla L-410 a skupinou parašutistů.

2.2 Výsledky

Z detektorů jsme získali data počtu částic z různých energetických kanálů. Z těchto dat jsme byli schopni spočítat prostorový dávkový ekvivalent, který detektory zaznamenaly za každý let. Po jejich zprůměrování jsme dosáhli prostorového dávkového ekvivalentu za průměrný let

$$\overline{H^*}(10) = 133,9 \text{ nSv} .$$

Pilot sportovního letadla za jeden měsíc absolvuje asi 300 letů. Při neopatrné extrapolaci tohoto průměrného prostorového dávkového ekvivalentu na celý rok zjistíme, že takový pilot za rok pouze při svých letech dostane efektivní dávku vyjádřenou ročním prostorovým dávkovým ekvivalentem

$$\dot{H}^*(10) = 0,482 \text{ mSv/y} .$$

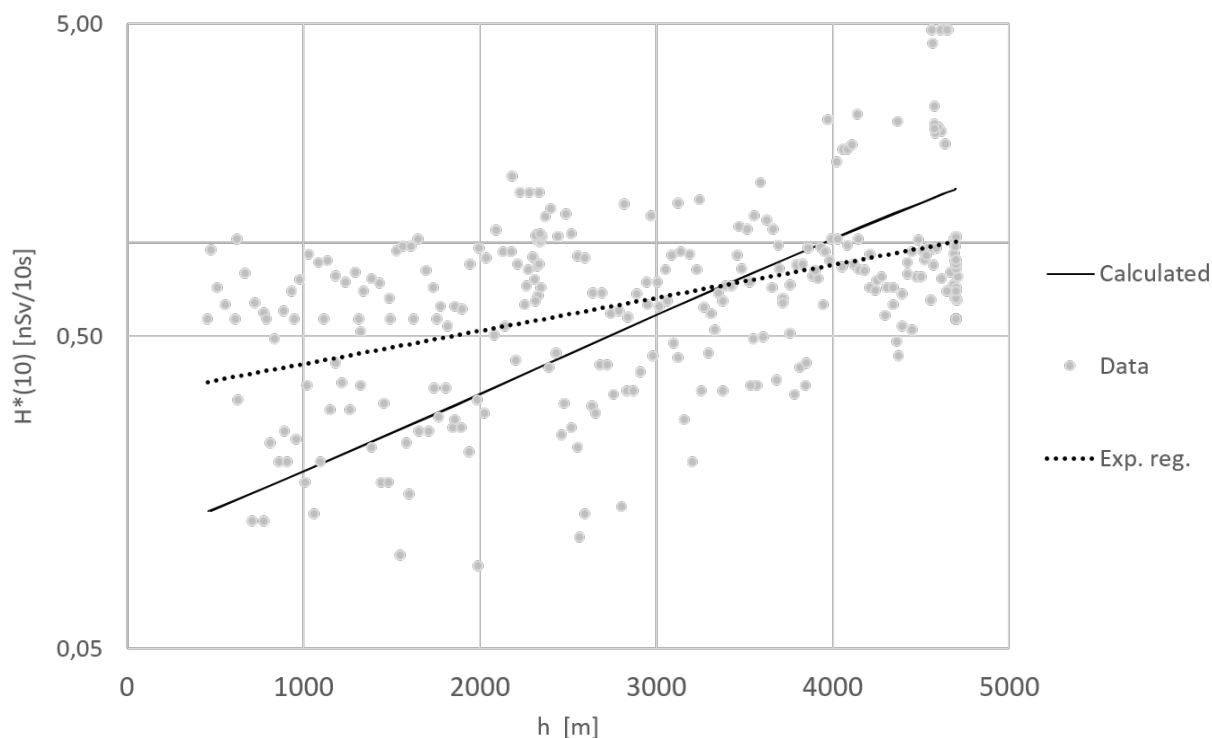
Tato hodnota je zhruba poloviční oproti hodnotě, při níž jsou piloti dopravních letadel dle zákona upozorněni na to, že ji přesáhli.

Dále jsme z dat byli schopni sestavit graf závislosti prostorového dávkového ekvivalentu změřeného detektorem Liulin za 10 s na výšce. Získanými daty jsme proložili exponenciální křivku, která je zde značena čárkovaně. Pro porovnání jsme uvedli křivku stejného významu vypočtenou programem EXPACS. Tento program v závislosti na geografické poloze a nadmořské výšce dokáže vypočítat energetické spektrum různých částic kosmického záření a tedy i určit hledaný prostorový dávkový ekvivalent za čas.

2.3 Diskuse

Na začátku práce jsme si stanovili jako cíl porovnat absorbovanou dávku kosmického záření pilotů dopravních a sportovních letadel během výkonu jejich povolání. Zjistili jsme, že pilot sportovního letadla je vystaven několikanásobně nižší zátěži v porovnání s piloty letadel dopravních. Nejenže se nám přes značné technické problémy podařilo porovnat tyto dvě dávky, také jsme porovnali naměřená data s daty získanými z programu EXPACS, který byl speciálně vytvořen pro výpočet spekter částic v atmosféře. Dále jsme našli závislost prostorového dávkového ekvivalentu na nadmořské výšce a to jak ze změřených dat, tak i z dat, která vygeneroval EXPACS. Viditelné nesrovnalosti mezi vypočtenými a naměřenými daty mohou pocházet z nepřesností měření, spíše se však projevuje fakt, že vypočtená data nezohledňují terestriální záření.

Obrázek 1: Závislost $H^*(10)/10\text{s}$ na výšce



3 Závěr

V naší práci jsme se snažili porovnat radiační zatížení pilotů dopravních a sportovních letadel. Zjistili jsme, že pilot sportovního letadla je vystaven menší dávce kosmického záření než pilot dopravního letadla, který létá asi ve dvojnásobné výšce. Pilot sportovního letadla je během roku podroben prostorovému dávkovému ekvivalentu asi 0,482 mSv, zatímco takový průměrný pilot dopravního letadla České nebo Slovenské společnosti je za jeden rok podroben dávce asi 1,346 mSv.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat především naší supervisorce Ing. Dáše Kyselové za neocenitelnou pomoc a ochotu při řešení mnohých problémů a úskalí našeho projektu. Moc děkujeme také celému organizačnímu týmu Týdne vědy na Jaderce 2016 za možnost zúčastnit se měření kosmického záření.

Reference

- [1] KYSELOVÁ D.: Radiační zátěž posádek letadel. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská. Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření.