

PŘÍPUSTNÉ HLADINY VNITŘNÍHO HLUKU V KABINÁCH VOJENSKÝCH LETADEL

Ing. Jiří ŠULC, CSc.,
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
(náčelník: plk. MUDr. M. Haňka)

1. Úvod

Vnitřní hluk v kabinách letadel je jedním z důležitých hygienických faktorů, výrazně ovlivňujících nejen činnost osádky (vzrůst únavy, snižování výkonnosti, zhoršení srozumitelnosti radiokomunikace), ale i schopnost příslušníků létajícího personálu dlouhodobě vykonávat svou profesi (sluchové ztráty a další vlivy na zdravotní stav). Účinná kontrola akustických podmínek pracovního prostředí pilotů tedy sleduje zájmy zvýšení bezpečnosti létání, ochrany zdraví létajícího personálu a ve svém důsledku má význam z národohospodářského, zejména však ze sociálního hlediska.

Již delší dobu je objektivně pocíťována potřeba stanovit přípustné hladiny hluku v kabinách letadel za letu obdobně, jak jsou normou stanoveny přípustné hodnoty jiných škodlivin, zejména toxických látek.

Nedostatek vhodných přípustných hladin hluku pro specifické prostředí v kabinách letadel se projevuje při tvorbě technických podmínek nových letadel, při zkouškách nových i dosavadních letadel, či při řešení sporných otázek souvisejících s vnitřním hlukem — a to i v širším měřítku mezinárodní spolupráce.

Pokud by bylo k dispozici vhodné kritérium, respektující specifické podmínky různých kategorií letadel, reálné technicko-ekonomické možnosti a zejména hygienicky zdůvodněné požadavky nezávadného prostředí, byl by konečný výrok „vyhovuje“ či „nevyhovuje“ dostatečným argumentem jak pro uživatele, tak i pro výrobce letecké techniky.

V této souvislosti je třeba připomenout **Usnesení předsednictva vlády ČSSR č. 145/1975**, které ukládá, aby v rámci státního zkušebnictví byla zpřísněna kritéria schvalování a hodnocení jakosti výrobků (tedy i letadel) z hlediska jejich hlučnosti a vibrací, a vyžaduje, aby do r. 1980 byly součástí státních norem také maximálně přípustné hladiny hluku a vibrací výrobků. Zpřísněné požadavky jsou kladeny i na dovážené výrobky.

V zájmu řešení tohoto problému vypracoval Ústav leteckého zdravotnictví v rámci své působnosti v oblasti hluku letecké techniky návrh přípustných hladin vnitřního hluku letadel a s tím související metodu kontroly (8). Práce je výsledkem komplexně řešeného úkolu a postihuje hlavní aspekty, které znemožňují prostou aplikaci stávající hygienické **Směrnice o ochraně před nepříznivými účinky hluku** (6) pro případ vnitřního hluku letadel. Podklady budou

uplatňovány v první řadě v rezortní působnosti **ÚLZ (podle Sbírky nař. a směrnic MNO č. 28/70)**.

Cílem článku je seznámit odborníky, kteří přicházejí do styku s touto problematikou, s výsledky řešeného úkolu. Vlastní metoda zpracování limitů je použitelná i pro jiné případy (speciální vozidla ap.).

2. Zvláštnosti v hodnocení vnitřního hluku letadel

Již řadu let je v hygienické praxi v ČSSR poměrně úspěšně uplatňována zmíněná **Směrnice č. 32 min. zdravotnictví** (6), která předepisuje přípustné hodnoty hluku v pracovním a životním prostředí. Její aplikace na některé případy, jmenovitě při posuzování hluku v kabinách automobilů, letadel ap., se však setkává s řadou vážných výhrad. Jmenujme alespoň pro nás nejzávažnější:

- Hluk v kabině osádky zvláště u vojenských letadel je **nepravidelně proměnný** v širokém rozsahu hodnot v závislosti na režimu (výšce, rychlosti ap.) letu. K vyjádření hlukové zátěže a zejména pro limitování hluku je třeba vycházet z tohoto stavu.
- Letová **činnost osádek není rovnoměrně rozložena ani v delším časovém období**, zatímco hygienické předpisy naopak předpokládají systematicky se opakující každodenní hlukovou zátěž. Celkové doby ročního náletu hodin jsou u vojenských pilotů zpravidla velmi nízké ve srovnání s dobou pobytu v hluku u osob např. v průmyslu.
- Vedle vnitřního hluku v kabině se projevuje i složitý mechanismus vlivu **radiokomunikace, útlumové vlastnosti sluchátek**, přileb ap.
- Obecně platné hygienické předpisy poskytují dostatečnou ochranu i pro jedince citlivé vůči hluku; létající personál je **výběrová skupina** zdravých, odolných osob, kterým je poskytována trvalá všestranná péče.
- V souboru korekcí na charakter vykonávané práce v hluku, uvedených v hygienickém předpise, nelze vybrat potřebný ekvivalent pro náš případ.

Na účinek hluku na osádky letadel není dosud jednoznačně ustálený názor. Vliv vnitřního hluku na **výkonnost a bezchybné jednání** je spíše jen připouštěn než prokázán, což je zřejmě důsledkem obtížně proveditelného experimentálního ověření v reálných podmínkách na jedné straně, jednak tím, že pro důležité fáze letu, kdy je vyžadováno plné soustředění, výkonnost a přesnost, je organismus schopen mobilizovat dostatečné rezervy ke splnění úko-

lu. To dokazují např. BUCKLEY a HARTMAN (1), kteří sice zaznamenali během více než třicetihodinového non-stop letu vrtulníky přes oceán přirozený vzrůst únavy u osádek, avšak testy výkonnosti ukazují, že v rozhodujících fázích koncem letu (přiblížení na přistání, přistání) i během letu (plnění pohonných hmot za letu) byla koncentrace pozornosti, výkonnost a aktivita osádek téměř na stejné úrovni jako na počátku letu.

Podobně GREATHER a HARRIS (3) prokázali psychologickými testy, že hluk 105 dB během experimentu nezvyšuje počet chyb při vhodné stimulaci osob (sledování cíle). Reakční doba se během hlukové expozice prodlužuje jen nepatrně, zato však po skončení hlukové zátěže se v důsledku útlumu jak reakční doba, tak i počet chybných úkonů významně zvětšují.

Naproti tomu však PIERSON (5) uvádí, že po čtyřhodinové expozici hlukem 100 dB(A) našel signifikantní přírůstek v počtu chyb (omylů) při posuzování situací a rozhodování.

Při **hodnocení vlivu letecké radiokomunikace** je nutno zvážit srozumitelnost předávaných pokynů v podmínkách maskujícího hluku okolí, dále traumatizující účinek akustických signálů ze sluchátek, zvyšující hlukovou zátěž a naopak příznivý stimulační efekt radiokomunikace v oblasti psychofyziologické (zvyšování pozornosti). Letecký slovník je značně omezený, takže při běžné frazeologii i v situaci s velkým maskovacím efektem okolního hluku je větná (významová) srozumitelnost letecké radiokomunikace dobrá, díky schopnosti vycvičených pilotů usuzovat na znění zprávy z významových a jiných souvislostí.

To ovšem platí za normálních situací. Srozumitelnost mimořádných, neočekávaných zpráv okolní hluk výrazně zhoršuje, dochází k přeslechům. Z objektivního hlediska je třeba vyžadovat i dobrou slovní srozumitelnost radiokomunikace, a ta je úměrná odstupu signálu (řeči) od maskujícího šumu.

Pro **optimální srozumitelnost** je však třeba, aby hovorová radiokomunikace byla co nejméně maskována; osádky letadel volí proto takové zesílení radiostanice, aby hovor byl srozumitelný, nikoliv však nadměrně hlasitý. Odstupy signál — hluk pozadí jsou v přijatelných mezích konstantní, což potvrzují experimenty. Snížili-li se hluk maskující radiostanice, snižuje se zpravidla i hlasitost a tím i hluková zátěž sluchu, vyvolaná samotnou radiokomunikací. Útlumové účinky sluchátek či přileb užívaných vojenskými letci tedy zhruba vyvažují přírůstek v hlukové expozici. Zde se ovšem vědomě dopouštíme řady nepřesností, které další návrhy přípustných hladin vnitřního hluku letadel vyplývající z těchto úvah zatěžují chybou.

Protichůdná hlediska v posuzování vlivu hluku a radiokomunikace v psychické sféře (srozumitelnost, výkonnost ap.) přirozeně dále zmenšují objektivitu navržených limitů pro vnitřní hluk letadel. Zjednodušení problemati-

ky poskytuje tedy jedinou možnost vytvořit potřebný návrh přípustných hladin hluku v kabinách letadel.

Redukce problematiky vlivu hluku na osádky letadel spočívá v preferenci požadavku na **omezení vlivu hluku na sluch** s cílem zmenšit riziko poškození sluchu v zájmu zachování schopnosti letců k letecké činnosti. Toto zúžení problematiky je zcela oprávněné, což dokazují především audiometrické nálezy příslušníků létajícího personálu s vysokým počtem nalétných hodin na hlučných typech letadel.

3. Návrh přípustné hladiny hluku v kabinách vojenských letadel

Z řady veličin, užívaných pro hodnocení škodlivého účinku na sluch, se v hygienické praxi nejlépe osvědčila **hladina hluku A**, resp. číslo třídy hluku (6). Hlukovou zátěž při působení proměnného hluku dobře reprezentuje tzv. **ekvivalentní hladina hluku** L_{Aeq} [viz např. (7)]. Je tedy účelné i přípustné hladiny hluku v kabině limitovat v hladině hluku L_A .

Postup návrhu přípustných hladin hluku v kabinách letadel vychází jednak z aplikace **Mezinárodní normy ISO 1999** (4), jednak ze známých údajů o časové zátěži létajícího personálu hlukem.

1. Volba **přípustné ekvivalentní hladiny hluku** je rozhodujícím krokem v návrhu limitů vnitřního hluku. Při respektování specifických zvláštností hlukové zátěže letců, uvedených v předešlé kapitole, se pro kategorii vojenských a sportovních letadel zásadně uplatňuje mezní hodnota ekvivalentní hladiny hluku **pro týdenní expozici** (ve smyslu ISO 1999) $L_{Aeq} = 90 \text{ dB(A)}$. Tato hodnota odpovídá limitům připouštěným v řadě zemí pro trvale působící hluk (tj. asi 40 hod. za týden) a poskytuje tudíž dostatečné rezervy pro skupinu létajícího personálu. Vyjádření týdenní hlukové expozice je z hlediska posuzování hlukové zátěže mnohem rigoróznější než dřívější aplikace zátěže za směnu, neboť takto je lépe vystižena nepravdivost v hlukové zátěži vojenských letců.

2. Dalším měřítkem je **skutečná doba působení hluku za týden**. Výjimečné případy, jako jsou cvičení ap., jsou zanedbány.

3. Pro možnost **využití navržených limitů hluku** při tvorbě technických podmínek, pro jejich kontrolu při zkouškách letadel ap., ovšem nevyhovuje požadavek formulovaný v pojmu hlukové zátěže. Je nutné předepsat hladinu hluku L_A **při definovaném režimu letu**; tomuto požadavku nejlépe vyhovují cestovní režimy v předepsané výšce a za přesně stanovených dalších podmínek, jak je stanoví metodika měření, uvedená v (8). Je tudíž třeba najít vztah mezi hladinou hluku při zvoleném kontrolním režimu letu a L_{Aeq} při týdenní několikahodinové expozici hlukem. Rozdíl mezi oběma hladinami závisí na procentuálním využití letových režimů ve sledovaném týdenním obdo-

bí a tím na charakteru prováděných letů. Vychází ze měření a jednoduchých výpočtů, činí tento rozdíl u vojenských letounů ± 3 dB, u vrtulníků 0 až 2 dB. Znamená to, že např. u vrtulníků je nutno počítat s častějším využíváním hlučnějších režimů, než odpovídá poměrům při kontrolním cestovním režimu, zatímco u proudových letounů se v dlouhodobém hodnocení přibližuje číselné vyjádření hlukové zátěže za týden právě měřené hodnotě L_A při cestovním režimu.

4. Jednoduchým převodem přípustné týdenní hlukové zátěže sub 1) na zkrácenou expozici, sub 2) podle ISO 1999 pak vychází **přípustná hladina hluku v kabinách vojenských letadel všech kategorií** (a sportovních letadel), **měřená při cestovním letovém režimu za podmínek definovaných metodikou, $L_A = 100$ dB(A)**. Podrobná specifikace metody měření je uvedena ve zprávě ÚLZ (8).

5. Dále se doporučuje uplatnit tato **doplňková opatření**:

- požaduje se **spolehlivá srozumitelnost** všech signálů a pokynů z radiokomunikačních pojítek při všech letových režimech a režimech chodu palubních agregátů;
- zvláštní pozornost je nutno věnovat posuzování a odstranění **kolísavých a impulsních hluků**;
- přípustné hodnoty jsou závazné pro nové a nově dovážené typy letadel; při nedodržení přípustných hodnot je třeba podrobným měřením rozhodnout o přípustnosti k provozu, popřípadě uplatňovat **náhradní opatření**, jako je úprava letových norem, zlepšení ochrany sluchu ap.;
- u **nadzvukových letounů** je v důsledku dokonalejší protihlukové ochrany pilotů možno připustit hladinu $L_A = 105$ dB(A) při cestovním režimu letu.

Poznámka: Obdobně jako pro případ vojenských letadel je vypracován návrh přípustných hladin vnitřního hluku i pro ostatní kategorie letadel užívaných v civilním letectví. Požadavky na vnitřní hluk se u různých kategorií číselně liší v závislosti na předepsaných letových normách aj. Souborně je návrh limitů uveden ve zprávě ÚLZ č. 218 (8).

4. Hluková zátěž příslušníků létajícího personálu — srovnání s návrhem limitů

Akustické podmínky v kabinách vrtulníků a hluková zátěž jejich osádek byly již popsány dříve (7). V tabulce 1 jsou stručně shrnuty střední hodnoty hladin hluku L_A v kabinách vrtulníků za letu při cestovním a maximálním režimu (odpovídá zpravidla režimu visení).

Ekvivalentní hladiny hluku za 1 let se pohybují u vrtulníků Mi-1 a Mi-4 v rozmezí 104 až 107 dB(A), v kabině osádky vrtulníku Mi-8 okolo 86 dB(A). Za předpokladu, že celková doba letu za týden činí např. 5 h., je ekvivalent-

Tab. 1

Vnitřní hluk v pilotních kabinách vrtulníků při cestovním (CEST) a maximálním (MAX) režimu letu

Typ	Režim	L_A dB (A)
Mi-1	CEST	104—105
	MAX	106—107
Mi-2	CEST	99—101
	MAX	99—101
Mi-4	CEST	102—108
	MAX	107—112
Mi-8	CEST	84—86
	MAX	92—95

ní hladina hluku pro týdenní expozici v přepočtu asi 96 dB(A) u Mi-1 a Mi-4, 91 dB(A) u Mi-2 a méně než 80 dB(A) u Mi-8. S výjimkou vrtulníku Mi-8, tedy u všech uvedených typů, je překročena přípustná hluková expozice. Ve srovnání s návrhem limitů, aplikovaných na cestovní režim letu, jsou přípustné hodnoty 100 dB(A) překročeny např. u Mi-4 až o 8 dB atd.

Podobně pro **proudové letouny** jsou hladiny vnitřního hluku v kabině uvedeny v tabulce 2.

Tab. 2

Vnitřní hluk v kabinách proudových letadel při cestovním (CEST) a maximálním (MAX) režimu letu ve výšce 1 km

Typ	Režim	L_A dB (A)
L-29	CEST	98—100
	MAX	102—105
L-39	CEST	95—98
	MAX	98—100
MIG-15	CEST	107—108
	MAX	105—110
MIG-21	CEST	98—103
	MAX	112—117

Zde je třeba poznamenat, že hodnoty v tabulce 2 představují méně příznivý případ, neboť odpovídají měření za letu ve výškách okolo 1000 m. S rostoucí výškou letu klesá hladina vnitřního hluku, přesto však i za těchto méně příznivých podmínek hluk v kabinách cvičných letounů L-29 a L-39 vyhovuje návrhu limitů a zvýšenému limitu pak vyhovuje i letoun MIG 21.

Hodnocení vnitřního hluku letadel užívaných v ČSLA podle návrhu přípustných hladin je v souladu se **subjektivními posudky pilotů**. Na typy, kde hladina hluku výrazně překračuje navrženou hranici 100 dB(A), se objevují časté stížnosti pilotů, zatímco pilotní posudky na prostředí v kabinách cvičných proudových letounů a vrtulníků Mi-8 jsou kladné.

Pro posouzení vhodnosti a oprávněnosti navržených přípustných hladin vnitřního hluku byly vyhodnoceny **audiometrické nálezy** velké skupiny letců z každoročních lékařských vyšetření v ÚLZ. Podle sdělení (2) je poruchou sluchu nízkého stupně (snížení sluchového prahu nejvýše 20 dB na kmitočtu 4 kHz) postiženo necelých 40 % pilotů, v dispenzární péči však není žádný vojenský pilot, na rozdíl od skupiny pilotů civilního letectví, kde se nacházejí vážnější ztráty sluchu. Dokonce i střední sluchové ztráty pilotů vrtulníků jsou oproti očekávání poměrně nízké.

Opakovaně citovaný Standard ISO 1999 (4) pokládá sluch osob za zhoršený, jestliže průměrná hodnota sluchových ztrát na kmitočtech 500, 1000 a 2000 Hz je ve srovnání s normalizovaným průběhem prahu slyšení horší než 25 dB. Z rozboru audiogramů, které k tomuto účelu zapůjčilo oddělení ORL ÚLZ vyplývá, že ve skupině pilotů vrtulníků je pouze 1 % osob hodnoceno jako osoby se zhoršeným sluchem podle ISO 1999, na rozdíl od poměrně překvapujících 8 % stejně hodnocených pilotů proudových letadel. Zde však vesměs jde o piloty starších věkových kategorií, kde se porucha sluchu začala zřejmě vyvíjet v době, kdy tito postižení létali na starších a daleko hlučnějších letounech než jsou dnešní typy.

Dá se tedy oprávněně předpokládat, že **vliv výběru a ostatních uváděných faktorů zaručuje přijatelně nízké riziko poškození sluchu příslušníků létajícího personálu při dodržení navrženého limitu přípustného vnitřního hluku v kabinách letadel.**

5. Závěr

Uvedený přehled problematiky hodnocení vnitřního hluku letadel, stručný rozbor vlivu hluku na sluch pilotů a zejména pak aplikace důvěryhodných mezinárodních dokumentů

z oblasti hodnocení účinků hluku na organismus lze pokládat za dostatečné záruky toho, že navržené přípustné hladiny hluku v kabinách letadel poskytují dostatečnou ochranu příslušníků létajícího personálu před hlukem. Spolu s dalšími požadavky, uvedenými v kap. 3, a metodou měření hluku v kabinách, rozpracovanou např. ve zprávě ÚLZ (8), je tak připraven souborný **materiál pro normalizaci.**

Vzhledem k tomu, že se navržené limity vnitřního hluku číselně neshodují s požadavky současného ani novelizovaného znění hygienického předpisu Min. zdravotnictví, je nanejvýš účelné legalizovat metodu měření a limity pro vnitřní hluk letadel s přihlédnutím k zvláštnostem letecké problematiky, jak zde byla ve stručnosti shrnuta. Není to myšlenka původní; již řadu let je problematika vnitřního hluku automobilů řešena samostatnými normami, které se od hygienických norem odlišují již v používané jednotce pro vyjádření míry hluku. Další krok k prohloubení hygienického dozoru nad hlukem letadel spočívá zřejmě ve využití metodiky a navrhovaných limitů v normalizaci — v souladu s usnesením předsednictva vlády ČSSR č. 145/75 o souborné koncepci boje proti hluku.

Literatura

1. Buckley, C. J., Hartman, B. O.: Aspects of transatlantic helicopter flight. I. General. Aerospace Med., 40, 1969, č. 7, s. 710—713.
2. Frolík, J.: Sluchové nálezy u létajícího personálu, rozdělené podle typu letounu. Sborník referátů ze symposia „Aktuální otázky zdravotnického zabezpečení létání“, ÚLZ Praha, č. publikace 210, 1975.
3. Greather, W. F. — Harris, C. S. et al.: Effects of combined heat, noise and vibration stress on human performance and psychological functions. Aerospace Med., 42, 1971, č. 10, s. 1092—1097.
4. International standard ISO 1999. Ref. No. ISO 1999 — 1975. Assessment of occupational noise-exposure for hearing conservation purposes.
5. Pierson, W. R.: Noise aircrew effectiveness. Aerospace Med. 42, 1971, č. 8, s. 861—864.
6. Směrnice o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku, SZdN, Hygienické předpisy, svazek 28, 1967, č. 32.
7. Šulc, J.: Hluková zátěž osádek vrtulníků. Voj. zdrav. Listy, XLII, 1973, č. 2, s. 56—64.
8. Šulc, J.: Návrh přípustných limitů pro vnitřní hluk letadel a metody jejich kontroly. Závěrečná zpráva ÚLZ, Praha, č. publ. 218, 1976.