

VOJENSKÉ ZDRAVOTNICKÉ LISTY

ROČNÍK XLV

LISTOPAD 1976

ČÍSLO 6

621.396:353.343.14

PŘESLECHY V LETECKÉ RADIOKORESPONDENCI

Pplk. MUDr. Jiří ŠULC, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví

Problematika poškození sluchu hlukem je středem pozornosti leteckého lékařství již několik desetiletí. Za tuto dobu se podařilo dospět k uspokojivému stavu ochrany sluchu letců a zároveň byla dokonale propracována metodika hodnocení funkční způsobilosti sluchového analyzátoru pro příjem řeči v prostředí se zvýšenou hladinou šumu. U nás se touto otázkou zabýval především Malčík (1961), který je autorem české letecké slovní audiometrie, včetně její varianty, slovní audiometrie v leteckém hluku.

Uvedená metoda však poskytuje informaci pouze o **základní fyziologické dispozici** pilota slyšet akustický signál, a to v podmínkách, které ve srovnání s reálným letem můžeme považovat za velmi zjednodušené. Za letu se totiž na tom, zda bude řečový signál nejen percipován, ale zda bude též správně interpretován, podílí celá řada dalších faktorů. Schematicky je můžeme rozdělit takto:

Faktory fyziologické. Sem kromě sluchové ostrosti patří aktuální zdravotní stav pilota, který, jak ukazují některé negativní zkušenosti z praxe vyšetřování leteckých nehod, nemusí být vždy dobrý. Simson (1971) popsal náhlou poruchu slyšení při aerosinusitidě, Ordiway a Rayman (1974) referovali dokonce o akutním vzniku psychotické schizofrenní ataky za letu. Podobné následky může mít i požití alkoholu. Sami jsme nedávno pozorovali poruchu komunikační funkce na příjmové straně komunikačního řetězu u pilota, který v kabině letounu silně prochladl.

Faktory psychofyziologické a psychologické. Mezi nimi zaujímá důležité postavení funkce tzv. aparátu jazykové kompetence, který můžeme charakterizovat jako znalost leteckého

slovníku a pravidel vedení radiokorespondence. Úroveň jazykové kompetence závisí v první řadě na zkušenostech a na vycvičenosti pilota. Funkce uvedeného aparátu je úzce napojena na psychologický mechanismus pozornosti a zaměření a s nimi spojený vliv situačního kontextu. Do této oblasti patří dále schopnost pilota extrahovat užitečný signál ze šumu, a to nejen z jeho fyzikální složky, ale i složky sociální [tj. oddělování pouze těch zpráv, které jsou určeny přímo konkrétnímu pilotovi z celkového souboru všech hovorů, jež zaznívají ve sluchátkách]. Degradaci vliv na funkci sluchového analyzátoru mají emoce a únava z dlouhého letu. Zhoršení jeho výkonnosti bývá větší u nejexponovanějších členů letové osádky, tj. u pilota a radiotelegrafisty, zatímco ostatní operátoři bývají postiženi méně (Chilov a spol. 1968, 1971, Bondarev 1972). Též charakter letového úkolu, resp. složitost pilotáže v některých zvlášť odpovědných nebo riskantních fázích letu může vést k „fyziologické hluchotě“ (Anonymus 1971, Pikovskij 1971).

Faktory prostředí. Nejintenzivněji ovlivňuje správnou funkci sluchového analyzátoru hluk a kvalita rádiových spojů, dále vyšší hodnoty přetížení (Borščevskij a spol. 1962) a rychlé změny tlaku na obou stranách bubínku, vznikající např. při střemhlavém letu (Whitehead a spol. 1976).

Vidíme tedy, že o tom, jak nebo zda vůbec bude vyslaný akustický signál pilotem přijat, rozhoduje celá řada okolností. Ve své práci se nebudeme zabývat případy, kdy signál přijat nebyl, ale rozebereme podrobněji podmínky, za nichž vznikají **přeslechy**. Tato otázka má značný praktický význam především pro expertizní

činnost v oblasti vyšetřování leteckých nehod. Pokud je nám známo, nebyla uvedené problematice ani u nás, ani v zahraničí zatím věnována soustavnější pozornost. Rozhodli jsme se proto problém řešit experimentálně, jelikož kasuistický materiál, který máme k dispozici, je příliš malý k vyvozování obecnějších závěrů.

Metodika a materiál

Řečový signál, tvořený nahrávkou letecké slovní audiometrie byl vyslán třemi různě rozmístěnými radiostanicemi, spojenými radioreléovým pojítkem a modulovanými magnetofonem B 46, na palubu letounu Il-14 RS, kde byl opět registrován přes letadlovou radiostanici na magnetofon. Šíře modulovaného pásma činila 300—3000 Hz. Během vysílání se náhodně měnil fázový posun nosných kmitočtů jednotlivých vysílačů v rozmezí 0—360°. Byla pořízena celá řada nahrávek; pro experiment jsme jich vybrali 8, a to těch, které byly při orientačním poslechu vyhodnoceny jako „nejhorší“.

Tyto nahrávky jsme reprodukovali pokusným osobám v tiché komoře ORL oddělení Ústavu leteckého zdravotnictví sluchátky přes audiometr Kamplex, na němž jsme nastavili zesílení +30 dB vzhledem k nulové hladině standardního sluchového prahu. Uvedená hodnota vyplynula z výsledku předpokusu. Test byl proveden v podstatě stejnou technikou, jakou se provádí zkouška letecké slovní audiometrie pro klinické účely, se třemi rozdíly. Především jsme před začátkem každého vyšetření prezentovali pokusné osobě podrobnou instrukci o povaze testu a o způsobu, jakým má reagovat. Za druhé jsme registrovali přesné znění všech nesprávných odpovědí, což u klinického testu není obvyklé. Probandy jsme povzbuzovali k co nejpřesnější reprodukci slyšeného. Konečně jsme během celého testu udržovali stejnou intenzitu reprodukce.

Každou nahrávku jsme reprodukovali 10 výkonným letcům, kteří se dostavili k pravidelné prohlídce před NLLK Ústavu leteckého zdravotnictví. Podmínkou bylo, aby vyšetřovaný měl normální nález při tónové audiometrii. Celkem jsme vyšetřili 80 osob ve věkovém rozmezí 25 až 51 roků (medián = 37 r.).

Pro každé podnětové slovo byl stanoven odstup maxima jeho intenzity od maxima inten-

zity maskovacího šumu. Příslušné hodnoty byly odečteny z grafického záznamu spektra, pořízeného analyzátozem slyšitelného spektra typu 2109 firmy Brüel a Kjaer. Kolísání poměru signál/šum bylo značné; aktuální naměřené hodnoty na jednotlivých slovech činily 0 až 20 dB, při modu +3,7 dB.

Výsledky

Srozumitelnost řečového signálu v jednotlivých sestavách činila 17,8—41,8 %, při celkovém průměru 29,1 %. Na 57,7 % verbálních stimulů následovala odpověď „nevím“ a ve 13,2 % reprodukovali posluchači exponovaná slova chybně. V tabulce 1 jsou uvedeny souhrnné údaje o průměrné srozumitelnosti testovaných nahrávek, při čemž jsou vždy 2 nahrávky, pořízené při identickém provozním režimu radiostanic a při stejném pohybu letounu v poli rádiových vln, sdruženy v jedné skupině. Pro každou skupinu slov, charakterizovanou převahou hláskových formantů (3.—5. sloupec) jsme procento srozumitelnosti vypočítali zvlášť. Proto celkový součet nedává 100 %!

Uvedené hodnoty srozumitelnosti potvrzují obecnou zkušenost, že nejvíce bývá postižena srozumitelnost slov s převahou hlubokých hlásek. Jednoznačnou závislost srozumitelnosti na hodnotách odstupů signálu od šumu jsme neprokázali. V rozmezí odstupů 0—3 dB byla však více tangována jednoslabičná hluboká slova, a to častěji tak, že nebyla vůbec percipována; řečeno jinými slovy, za těchto podmínek vznikalo jen minimum přeslechů.

Přeslechy se v našem souboru 8000 podnětových slov podařilo zaregistrovat celkem 1055krát (13,2 %). Posuzujeme-li slovní stimuly podle **průměrné formantové výšky**, ukázalo se, že nejčastěji byla zkresleně vnímána podnětová slova s převahou hlubokých hlásek (380 přeslechů z 2480 slov, tj. 15,3 %). Potom následovala slova s hláskami ve středním pásmu (413 přeslechů z 3120 slov, tj. 13,2 %). Nejméně falešných asociací navodila slova s převážně vysokými formanty (262 přeslechů z 2400 podnětů, tj. 10,9 %).

S ohledem na **délku slov** posluchači nejčastěji mylně interpretovali slova dvojslabičná (14,4 %), potom jednoslabičná (12,7 %) a nejmeně často trojslabičná (10,8 %).

Užijeme-li jako hodnotící kritérium **pásmové**

Tab. 1

Režim	Průměrná srozumitelnost v %	Srozumitelnost podle převahy frekvencí v %			Průměrný odstup signál/šum v dB
		hluboké	střední	vysoké	
1	41,8	23,9	47,9	28,8	12,7
2	30,9	14,9	44,1	31,2	2,3 — 4,7
3	26,1	23,9	37,2	37,6	3,5 — 3,8
4	17,8	3,2	19,3	29,9	3,9 — 4,7

Srozumitelnost testovaných nahrávek

rozdílení slov spolu s jejich délkou, nejvíce chybných odpovědí vznikalo po hlubokých dvojslabičných (15,4 %) a hlubokých jednoslabičných slovech (14,6 %) a nejméně po slovech vysokých a trojslabičných (8,7 %). Rozdíly ověřované pomocí testu χ^2 byly v obou případech významné na 2%, resp. 1% hladině významnosti.

Všimněme si blíže, jak vypadá slabiková struktura přeslechů ve vztahu ke slabikové skladbě podnětových slov. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2. Jestliže vzájemný poměr mezi jednoslabičnými, dvojslabičnými a trojslabičnými slovy v sestavě letecké slovní audiometrie činí 30 % : 50 % : 20 %, potom u přeslechů byl tento poměr 24,3 % : 52,6 % : 20,2 %. Zbytek připadl na víceslabičné, popřípadě na víceslovné odpovědi. Došlo tedy k relativní preferenci dvojslabičných replik, především na úkor prodlužování odpovědí po jednoslabičných slovních stimulech.

Poměr hláskové struktury odpovědi k hláskové skladbě verbálního stimulu byl velmi volný. Obecně lze říci, že chybné fonémy (neslabičné hlásky), eventuálně celé slabiky, byly častěji přidávány za uchovanou slabikotvornou hlásku podnětového slova, než před ní.

Po **obsahové stránce** tvořily smysluplné přeslechy 97,4 % odpovědí, ostatní repliky byly nesmyslné. 37,2 % přeslechů bylo možno zařadit do sémantického okruhu letecké frazeologie. V tomto počtu je zahrnuto i 9,7 % odpovědí z gramatické kategorie číslovek, jelikož tento slovní druh zaujímá ve slovníku leteckého jazyka jedno z předních míst. Asociace z leteckého slovníku byly navozovány ve stejné

míře „profesionálními“ i obecnými výrazy. Vztah mezi fonetickým obrazem vyslaného a percipovaného slova byl v řadě případů velmi volný a často jej nebylo možno vůbec prokázat.

Tato skutečnost ještě více vynikla při bližší analýze nesmyslných odpovědí, nebo tam, kde pokusná osoba reagovala více slovy. Uvádíme několik příkladů pro ilustraci (tabulka 3).

Diskuse

Jak je vidět, postup námi zvolený vedl k uspokojivé produkci přeslechů. Do jaké míry však tento postup odpovídá reálným podmínkám leteckého provozu? Nebyly naše výsledky například primárně ovlivněny výchozí celkovou srozumitelností testovaných sestav? Definitivní odpověď prozatím poskytnout nemůžeme, protože chybí dostatek vhodného srovnávacího materiálu. Sami jsme se mohli opřít o jedinou vlastní dřívější práci (Šulc 1969), v níž jsme technikou, velmi podobnou technice popsaného experimentu, analyzovali srozumitelnost ve VKV síti automatizovaného řízení mimoletistních letů. Při výpočtu koeficientu korelace mezi celkovou srozumitelností a procentem výskytu přeslechů v sestavách z obou prací jsme dospěli k závěru, že takovouto korelaci nelze prokázat.

Náš experiment potvrdil nízkou průchodnost a vysokou potenci ke generování přeslechů u slov s převahou hlubokých formantů. Na chybné percepci se podílí i délka slova. Překonání rušivých vlivů, ztěžujících vnímání řeči neurofyzilogickými a psychofyzilogickými kompenzačními mechanismy, je nejnepohodnější

Tab. 2

Délka podnětu	Počet slabik v přeslechu					Více slov
	1	2	3	4	5	
jednoslabičný	67,3	27,5	4,0	—	—	1,2
dvojslabičný	4,1	81,0	11,2	2,6	0,2	0,9
trojslabičný	4,9	12,6	76,4	5,5	—	0,6

Slabiková skladba chybných odpovědí v závislosti na slabikové struktuře podnětových slov. Údaje v %

Tab. 3

Podnět	Reakce	Podnět	Reakce
včas	tátina	paluba	melder
dnes	po čtyřech	dvě	Emil
mapa	monoha	dolet	renk
boj	beli; Berlín	terč	mexatob
blokován	leteda	nálet	utilez
balon	Němec	vlevo	pepika;
porucha	plný tlak		přidat plyn

Příklady přeslechů s nejasnou genezí

u krátkých (jednoslabičných a dvojslabičných) slov, ležících v dolním formantovém pásmu, než u slov delších a vysokých. Tuto zákonitost jsme potvrdili statisticky.

Na nízké „odolnosti“ hlubokých slov při pesimálním režimu práce leteckých vysílacích stanic se nepodílí pouze maskovací šum, ale také skutečnost, že řečový signál je ochuzen o frekvence zhruba nad 4 kHz. Výzkumy posledních let bylo přesvědčivě prokázáno, že pro správné poznávání řeči nestačí zajistit přenos frekvencí v tzv. řečovém pásmu (250–3500 Hz a podle některých autorů až 8,5 kHz). Na vjemu např. úžinových souhlásek v akustickém analyzátoru se účastní též ultrazvuková komponenta zvuku, zasahující až k frekvencím kolem 80 kHz (Cemel 1971, Solovjeva 1972).

Charakter vzniklého přeslechu je determinován jak základními akustickými vlastnostmi podnětu (jeho slabičností, délkou a místem správně percipovaného fragmentu), tak psychologickými faktory (zaměřením, aktuálním emočním stavem). Je ovšem lépe hovořit o relativní dominanci některé z uvedených determinant, neboť v reálné situaci působí vždy všechny současně.

Z prací autorů, kteří studovali neurofyzilogické mechanismy dekódování slov v šumu, vyplývá, že u člověka je ontogeneticky pevněji zafixována elementární analýza na úrovni slabik, než na úrovni fonémů (Čistovičová 1964, Liberman a spol. 1967, Lurija 1975). Vývojově starý mechanismus řídící funkce intonační složky řeči se zráním osobnosti postupně ztrácí na významu, jaký má v časných stádiích ontogenetického vývoje.

Hodnotíme-li z hlediska uvedených poznatků chybné odpovědi našich posluchačů, pak lze pochopit, proč preferovali v takové míře právě dvojslabičné asociace a proč se zejména na jednoslabičných podnětech tak málo uplatnila direktivní funkce zvukové stránky podnětu. Vždyť 50 % verbálních stimulů bylo právě dvojslabičných, což je zároveň ve shodě s poměry, které existují jak v běžném jazyce, tak ve speciálním leteckém slovníku (Vachek 1960, Malčík 1961).

Zjištěné trendy v generování přeslechů umožňují kvalifikovanější posuzování těch případů, kdy při vyšetřování příčin letecké nehody dochází k rozporům mezi výpovědí osoby na nehodové situaci přímo angažované a mezi objektivním záznamem radiokorespondence na magnetofonovém pásku. Je-li možno na základě psychofyzilogické expertizy stanovit aktuální psychický stav pilota v kritické situaci, lze po komplexním vyhodnocení magnetofonového záznamu a po srovnání skutečného znění zprávy s její interpretací vyšetřovanou osobou říci, jaká je pravděpodobnost, že mluví pravdu, nebo, že ji zkresluje.

Pro útvarového lékaře, obeznámeného s touto problematikou, může pak být objev selhávání komunikační funkce u některého z pilotů

jednou z prvních známek jeho profesionální dekompenzace. Včasné odhalení těchto příznaků má proto i značný preventivní význam.

Souhrn

Autor analyzuje komplex faktorů, které se podílejí na vzniku přeslechů v letecké radiokorespondenci. Tyto faktory lze rozdělit na fyziologické, psychofyzilogické a psychologické a na faktory prostředí. V laboratoři bylo vyšetřeno 80 letců z povolání metodou modifikované letecké slovní audiometrie. Průměrná srozumitelnost testovaných sestav činila 29,1 %. 57,7 % slov nebylo vůbec zachyceno a ve 13,2 % vznikaly přeslechy. Nejvíce inklinovala k falešné interpretaci jednoslabičná a dvojslabičná slova s převahou hlubokých formantů. Aktuální znění přeslechu ovlivňuje spíše slabiková skladba podnětu, než jeho zvuková stránka.

Literatura

1. Anonymus: Hearing but not listening? Aerospace Safety, 27, 1971, č. 1, s. 8–9.
2. Bondarev, E. V. a spol.: Ob izmenenii funkcionalnogo sostojanija analizatorov u letnogo sostava pri dlitelnyh poletach. Kosm. Biol. Med., 6, 1972, č. 3, s. 64–67.
3. Borščevskij, I. J. a spol.: Opyt izučeniya prijema i peredači reči v uslovijach nevesomosti. In: Sisakjan, N. I. — Jazlovskij, V. I. (Ed.): Problemy kosmičeskoj biologii II. Moskva, Nauka 1962, s. 215–219.
4. Cemel, G. I.: Opoznavanije rečevych signalov. Moskva, Nauka 1971, 148 s.
5. Čistovičová, L. A.: Průběžné rozpoznávání řeči člověkem. In: Doležel, L. (Ed.): Teorie informace a jazykověda. Praha, NČSAV 1964, s. 196–232.
6. Chilov, K. L. a spol.: Adaptacionnyje izmenenija v sluchovoj sisteme radista vo vremja dlitelnogo poleta. Voj. med. Žurnal, 146, 1968, č. 11, s. 59–61.
7. Chilov, K. L. a spol.: Izmenenije funkcionalnogo sostojanija sluchovogo analizatora v zavisimosti ot prodolžitelnosti poleta i vypolnjamemogo zadaniya. Voj. med. Žurnal, 149, 1971, č. 1, s. 58–61.
8. Liberman, A. M. a spol.: Perception of the speech code. Psychol. Rev., 72, 1969, s. 431–461.
9. Lurija, A. R.: Osnovnyje problemy nejrolingvistiki. Moskva, IMU 1975, 254 s.
10. Malčík, V.: Vyšetřování a posuzování sluchu letců metodou letecké slovní audiometrie. Praha, ŮLZ 1961, 156 s.
11. Ordiway, V. — Rayman, R. B.: Case report of an in-flight incident involving an aircraft commander with a psychiatric illness. Aerospace Med., 45, 1974, č. 3, s. 316–317.
12. Pikovskij, A.: Radiodialog v složnoj situacii. Aviacija i Kosmonavtika, 1971, č. 1, s. 37.
13. Simson, L. R. Jr.: Investigation of fatal aircraft accidents: physiological incidents. Aerospace Med., 42, 1971, č. 9, s. 1002–1006.
14. Solovjeva, A. I.: Osnovy psichologii slucha. Leningrad, ILU 1972, 188 s.
15. Šulc, J.: Srozumitelnost rádiové korespondence ve VKV síti automatizovaného řízení mimoletištních letů. Praha, ŮLZ 1969, 12 s.

16. Vachek, J.: Jazykový materiál pro audiometrické vyšetřování. In: Seeman, M. a kol.: Česká slovní audiometrie. Praha, SZdN 1960, s. 67—90.
17. Whitehead, G. L. a spol.: Hearing under stress: III. The effect of external auditory meatal pressure on speech discrimination. Aviat. Space environ. Med., 47, 1976, č. 3, s. 308—309.

Poděkování

Děkuji upřímně plk. MUDr. Jiřímu Frolíkovi a kolektivu ORL oddělení ÚLZ za pochopení, s nímž při realizaci této práce trpělivě vycházeli vstříc mým požadavkům. Dále jsem zavázán s. Marii Pořádkové za její péči při provádění audiometrických vyšetření a statistickém zpracovávání výsledků experimentu.