

3. CHARAKTERISTIKY ČLOVEKA OPERÁTORA AKO SUBSYSTÉMU PRACOVNÉHO PROSTREDIA

3.1 ZÁKLADNÉ CHARAKTERISTIKY

Človek získava informácie o riadenom systéme alebo procese prostredníctvom základných informačných zdrojov, teda sluchových, zrakových, hmatových a čuchových, prípadne chuťových analyzátorov. Účinnosť riadenia systému v značnej miere závisí od kvality činnosti týchto analyzátorov, od rečtovorného systému človeka a od jeho senzomotorickej spôsobilosti v možných podmienkach psycho-fyziologického zaťaženia.

3.1.1 Zrakové analyzátory

Človek ako element systému človek - stroj získava okolo 90% zo všetkých informácií potrebných k vykonaniu akejkoľvek činnosti pomocou zraku (zrakového analyzátor). Za základné charakteristiky zraku sa pokladajú: zorný uhol, adaptovateľný jas, kontrast medzi pozorovaným objektom a pozadím, kritická frekvencia kmitania svetla, čas zotrvačnosti oka a pod.

Zorné pole oka môžeme rozdeliť na tri zóny a to zónu:

1. centrálného videnia (cca 4°), v ktorej sa najlepšie rozoznávajú detaily pozorovaných objektov
2. jasného videnia (cca $30^\circ - 35^\circ$), v ktorej pri nepohybujúcom sa oku je možné poznať objekt bez rozoznania drobných detailov
3. periférneho videnia (cca $75^\circ - 90^\circ$), v ktorej objekty vidíme, ale nerozoznávame.

3.1.2 Charakteristiky sluchového a vestibulárneho analyzátor

Značnú časť informácií človek získava vo forme zvukových a hmatových signálov. V systémoch pohybujúcich sa v priestore (dopravné prostriedky, napr. lietadlá, lode, automobily a pod.) človek množstvo informácií získava vestibulárnym aparátom, ktorý ho informuje o zmene charakteru pohybu a o polohe tela.

3.1.2.1 Sluchový aparát

Sluchový aparát, ktorý prijíma zvukové signály, sám o sebe predstavuje akustický analyzátor pozostávajúci z ucha, centra sluchu, zložitého systému nervových zväzkov a mozgových centier.

Ucho prijíma zvuky určitých frekvencií vďaka funkcionálnej spôsobilosti vláknien membrány rezonovať. Akustický analyzátor zachytáva tvar zvukovej vlny, frekvenčné spektrum čistých tónov a hlukov. Vykonáva analýzu a syntézu v určitých intervaloch frekvenčných zložiek zvuku, objavuje a identifikuje zvuky vo veľkom rozsahu intenzít a frekvencií, diferencuje zvukové podráždenia a určuje smer zvuku a vzdialenosť zdroja. Zdrojom zvukových vln môže byť ľubovoľný proces, ktorý vyvoláva miestne zmeny tlaku alebo mechanické vlnenie v okolitom prostredí. Za počuteľný označujeme zvuk v intervale frekvencií od 16 Hz – 20 kHz s tým, že najlepšie počuteľný zvuk je v oblasti stredných frekvencií, teda 1 – 4 kHz, pri hladine akustického výkonu $L_1 = 55 - 110$ dB.

Zvuk z fyzikálneho hľadiska je charakterizovaný intenzitou (amplitúdou), tvarom zvukovej vlny, spektrálnym zložením, rýchlosťou a akustickým tlakom.

Za intenzitu zvukového signálu považujeme množstvo energie, prenášané zvukovou vlnou za jednotku času cez jednotkovú plochu, ktorá je kolmá na smer šírenia vlny. Meria sa vo $W.m^{-2}$.

Keďže sila (intenzita) zvuku je proporcionálna štvorcu akustického tlaku, v psychofyziologickej akustike je používané vyjadrenie akustického tlaku v dB pri prahovej hodnote akustického tlaku $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Hladina akustickej intenzity (sila zvuku) je daná výrazom

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0}, \quad [\text{dB}] \quad (3.1)$$

kde I je intenzita daného signálu,

$I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$, je to prahová hodnota intenzity zvuku etalónového signálu.

Keďže

$$I = a \cdot p^2, \quad (3.2)$$

kde a je konštanta proporcionality a p je akustický tlak

potom

$$L_1 = 10 \log \frac{\rho^2}{\rho_0^2} = 20 \log \frac{\rho}{\rho_0} \quad (3.3)$$

kde ρ_0 je prahová hodnota akustického tlaku.

Tlak $2 \cdot 10^{-5}$ Pa pri frekvencii 2 kHz odpovedá intenzite (sile) zvuku 10^6 W.m⁻² a považuje sa za absolútny prah akustického analyzátoru (ucha).

Základnými kvantitatívnymi charakteristikami akustického analyzátoru sú absolútny a diferenciálny prah počuteľnosti. Dolný absolútny prah zodpovedá intenzite zvuku v dB, zachytený človekom s pravdepodobnosťou 0,5 a horný absolútny prah počuteľnosti je ohraničený vznikom bolesti (štikúťanie, strata stability a pod.)

Medzi týmito dvoma prahmi sa nachádza oblasť počuteľnosti reči.

Človek hodnotí hlasitosť zvukov podľa ich intenzity a frekvencie. Napr. zvuk s intenzitou 120 dB a frekvenciou 10 Hz hodnotí rovnako ako zvuk s intenzitou 10 dB a frekvenciou 1000 Hz. Z toho vyplýva, že zníženie intenzity by ako bolo kompenzované nárastom frekvencie.

Diferenciálny prah v závislosti od frekvencie závisí tak od frekvencie zvuku ako aj od jeho intenzity.

V rozsahu frekvencií 60 - 2000 Hz a intenzite 30 dB možno rozlíšiť zvuk pri zmene frekvencie od 2 - 3 Hz. Schopnosť rozlíšiť frekvenciu zvuku prudko rastie s rastom frekvencie nad 2000 Hz. Relatívna hodnota diferenciálneho prahu pre zvuky v intervale 200 - 16000 Hz je konštantná a spravidla sa rovná hodnote 0,002. Pri znížení intenzity pod 30 dB diferenciálny prah prudko rastie.

3.1.2.2 Hmatový aparát človeka

Hmatový aparát prijíma vnemy dotykom pokožky s povrchom rôznych predmetom. Najcitlivejšími miestami tela na hmat sú prsty rúk.

Absolútne prahy citlivosti na hmat sú v intervale akustického tlaku $2,94 \cdot 10^4$ Pa až $2,94 \cdot 10^6$ Pa. Stredná hodnota diferenciálneho prahu je 0,07 základnej veličiny. Intenzita pocitov tlaku závisí od rýchlostí s akou sa koná deformácia kože: čím väčšia, tým väčšia intenzita pocitov.

3.1.2.3 Vibračná citlivosť

Vibračná citlivosť - "kontaktný sluch" má významnú úlohu v činnosti človeka ako súčasti systému človek - stroj. Vibrácie vysokej intenzity môžu viesť k vzniku chorôb z povolania. Interval pocitu vibrácií leží u človeka medzi 1 Hz - 10 kHz.

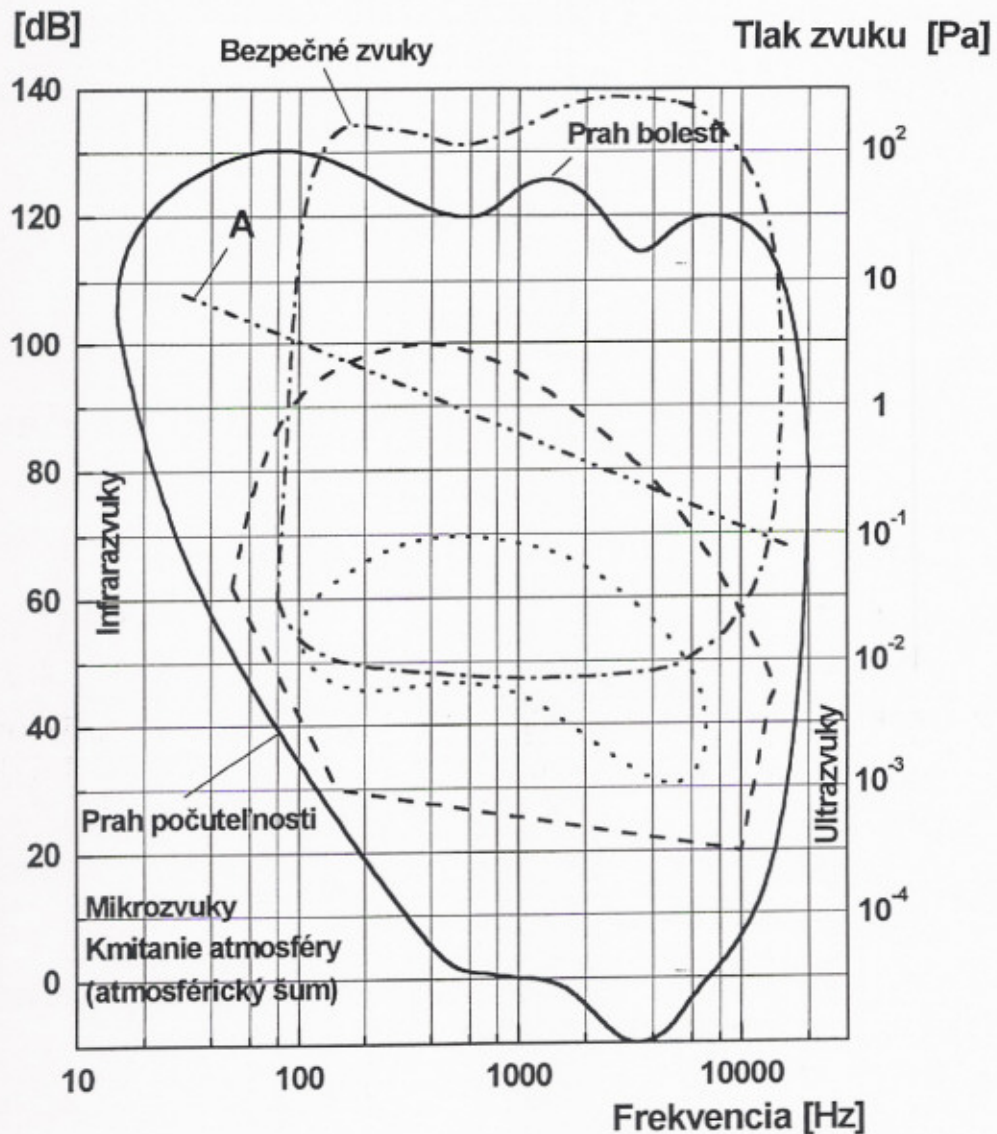
3.2 VPLYV HLUKU A AKUSTICKÝCH PODMIENOK

Ucho človeka s normálnym sluchom rozlišuje zvukové kmity rôznych častí spektra v závislosti od amplitúdy a frekvencie. Infrazvuk a ultrazvuk t.j. frekvencie nižšie ako 16 Hz a vyššie ako 20 kHz, ľudské ucho neprijíma. Ucho tiež nezachytáva veľmi malé kmity, napr. nereaguje na kmitanie, spôsobujúce zmenu akustického tlaku rádu 10^{-5} Pa pri frekvencii 1kHz. Pri veľmi veľkých kmitoch, kedy akustický tlak dosahuje $0,5 \cdot 10^5$ Pa, je možné porušenie vnútorného ucha. Rozsah počuteľnosti v tvare diagramu zvuku je na obr.6.

Z diagramu je zrejme, že plocha sluchového poľa pretína:

- prah sluchu, kedy človek začína vnímať zvuk;
- prah bolesti, kedy orgán sluchu vníma bolestivo akustický tlak;
- hranice infra a ultrazvuku, ktoré ucho človeka nevníma.

V prevádzke a na pracovných miestach úroveň akustického tlaku v dB nesmie dosiahnúť úroveň vyznačenú v obrázku priamkou A.



Obr. 6 Znáznorenie rozsahu počutelnosti

Človek je schopný rozlíšiť 325 úrovní akustického tlaku pri frekvencii 2 kHz a 1800 výšok tónu pri úrovni akustického tlaku 60 dB.

Oblasť najväčšej citlivosti ľudského ucha sa prejavuje pri frekvencii 4100 Hz. Táto oblasť je kritickou a najneprijemnejšou pre sluch. Zvuk a hluk pri úrovni akustického tlaku 120 dB človek prijíma ako bolesť a reakčná schopnosť človeka na hluk je 120 - 150 ms.

Hluk je tým neprijemnejší, čím je užšie frekvenčné pásmo a vyššia úroveň akustického tlaku. Najškodlivejší je hluk, ktorý obsahuje vysoké tóny.

Hluk s frekvenciou väčšou ako 500 Hz sa stáva veľkou prekážkou pri práci v porovnaní s hlukom s nízkou frekvenciou. Nestály chaotický hluk je škodlivejší ako trvalo pôsobiaci. Hluk s premennou úrovňou akustického tlaku napr. 40 - 70 dB je škodlivejší, ako zvuk pri konštantnej úrovni akustického tlaku, napr. 80 dB.

Infrazvuky s frekvenciou 2 - 15 Hz znižujú reakčnú schopnosť človeka a oslabujú myslenie [6].

Nečakane vznikajúci intenzívny hluk a zvuk, napr. ráz, je nebezpečnejší a má väčší vplyv na produktivitu práce.

Neprijemným môže byť rytmicky a tiež stupňovite sa meniaci hluk, pískanie a pod., ktoré podstatne znižuje schopnosť človeka rýchlo a presne vykonávať koordinované pohyby.

Silný hluk spôsobuje ťažkosti v odhade vzdialenosti a času, ďalej v rozpoznávaní farieb, znižuje schopnosť reagovať na svetlo, ostrosť zraku, zrakovú schopnosť v noci, zhoršuje schopnosť prijímať vizuálne informácie a znižuje produktivitu práce o 5 - 12 % [6].

Pri znížení úrovne hluku o 20 % možno dosiahnuť zvýšenie produktivity práce o 5 - 10 %.

Dlhodobé pôsobenie hluku s akustickým tlakom okolo 90 dB trvale znižuje produktivitu práce o 30 - 60 %.

Hranicou, nad ktorú nemôžeme pripustiť dlhodobé pôsobenie hluku na človeka, pracujúceho bez ochranných pomôcok, je úroveň akustického tlaku 135 dB. Pri impulznom pôsobení nesmie krátkodobo pôsobiť hluk o 150 dB.

V pracovnom prostredí, kde sa používa ako prostriedok informácie reč, úroveň hluku musí byť nižšia ako 55 dB.

V prostredí, kde úroveň akustického tlaku je 70 dB pri frekvencii 1 kHz, môže človek dobre počuť informácie dávané normálnym hlasom zo vzdialenosti 0,20 m a pri zvýšenom hlase do vzdialenosti 1m.

Úroveň 80 - 90 dB je hraničnou pre riadenie pomocou hlasu prostredníctvom megafónu.

Úroveň hluku (šumu) pri telefonovaní by nemala presiahnuť 50 - 55 dB. Úroveň 75 dB úplne znemožňuje telefonovanie.

Maximálnej hlasitosti ľudského hlasu zodpovedá úroveň akustického tlaku 105 dB.