

b) Metóda dispozície – spočíva vo vhodnom situovaní zdroja hluku vzhľadom k chránenému priestoru. Je na to potrebné myslieť pri územnom plánovaní, projekcii priemyselných závodov, letísk.

c) Metóda zvukovej izolácie – spočíva v tom, že zdroj hluku oddelíme od chráneného priestoru ohraničujúcimi prvkami s dobrými zvukoizolačnými vlastnosťami. Táto metóda je dôležitá zo stavebnotechnického hľadiska.

d) Metóda zvukovej pohltivosti – sa zakladá na vlastnosti niektorých látok a konštrukcii pohlcovať akustickú energiu a meniť ju na inú formu, napr. na teplo. Používa sa najmä pri znižovaní hlučnosti vnútorných priestorov.

e) Používanie osobných ochranných prostriedkov – sa uplatňuje vždy ako posledné, a to vtedy, keď predchádzajúce metódy nebolo možné použiť alebo nemali dostatočný protihlukový efekt. Ide o použitie osobných protihlukových prostriedkov (tlmiace zátky vkladané do uší, sluchátkové chrániče a pod.)

Uvedené metódy ochrany proti hluku je treba používať komplexne v kombinácii. Jednou z najdôležitejších ekonomických zásad pri riešení ochrany proti hluku je, aby riešenie hlukovej otázky bolo zahrnuté do každého základného projektu.

5. ÚČINKY VIBRÁCIÍ NA ČLOVEKA

5.1 VIBRÁCIE V SYSTÉME ČLOVEK - STROJ

Vibrácie sú najrozšírenejší spôsob mechanického kmitania, podmienené prevádzkou strojov a agregátov. Vibrácie vznikajú v systémoch s pružnými väzbami a charakterizujú sa striedavým stúpaním a klesaním v čase po hraničnej hodnote jednej súradnice [6].

Zdrojom vibrácií je prakticky každý stroj, agregát, transportný prostriedok, prepravné zariadenie. Pri návrhu, výrobe, využití strojov sa vychádza z predpokladov, že vibrácie sú nepriaznivým faktorom pre samotný stroj aj pre človeka operátora a taktiež pre okolie, pretože produkujú hluk. Vibrácie vo veľkej miere urýchľujú opotrebovanie častí strojov a vo väčšine prípadov (8 z 10) sú základnou príčinou poruchy, havárie strojov a znižujú technické charakteristiky strojov. Vibrácie špeciálne vyvíjajú pre využitie v technologických celkoch napr. pri obrábaní

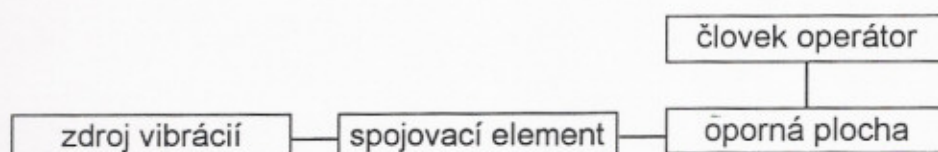
materiálov, transporte drobných častí, spevnení materiálov a pod. V tomto prípade považujeme vibrácie za užitočné. Avšak vibrácie strojov a agregátov, ktoré vplývajú na obsluhujúci personál, sú vždy považované za negatívny faktor. Preto v súvislosti s mechanickým kmitaním riešime problémy [7]:

1. ako obmedziť kmitanie strojov, aby bola zabezpečená bezporuchová prevádzka, zvýšená ich životnosť a znížené ich pôsobenie na okolie, vrátane človeka
2. ako vybudovať mechanické kmitanie, aby plnilo užitočné funkcie. napr.: vibračná doprava, zbíjačky, zariadenia pre skúšanie materiálov a dynamických vlastností strojov a objektov.

Sledujeme vibrácie ako faktor systému človek - stroj a ich vplyv na pracovné podmienky človeka operátora. Z tohoto pohľadu môžeme priemyselné vibrácie rozdeliť na :

1. kontaktné, ktoré sa šíria od zdroja cez elementy pracovného stroja na jeho povrch, ktorý sa stýka s človekom prostredníctvom receptorov pokožky a priamym dotykom človeka so strojom
2. nekontaktné, ktoré nepôsobia na telo človeka

Toto delenie má veľký význam pre hodnotenie bezpečnosti práce z pohľadu priemyselných vibrácií.



Obr. 7 Schéma prenosu vibrácií na človeka operátora

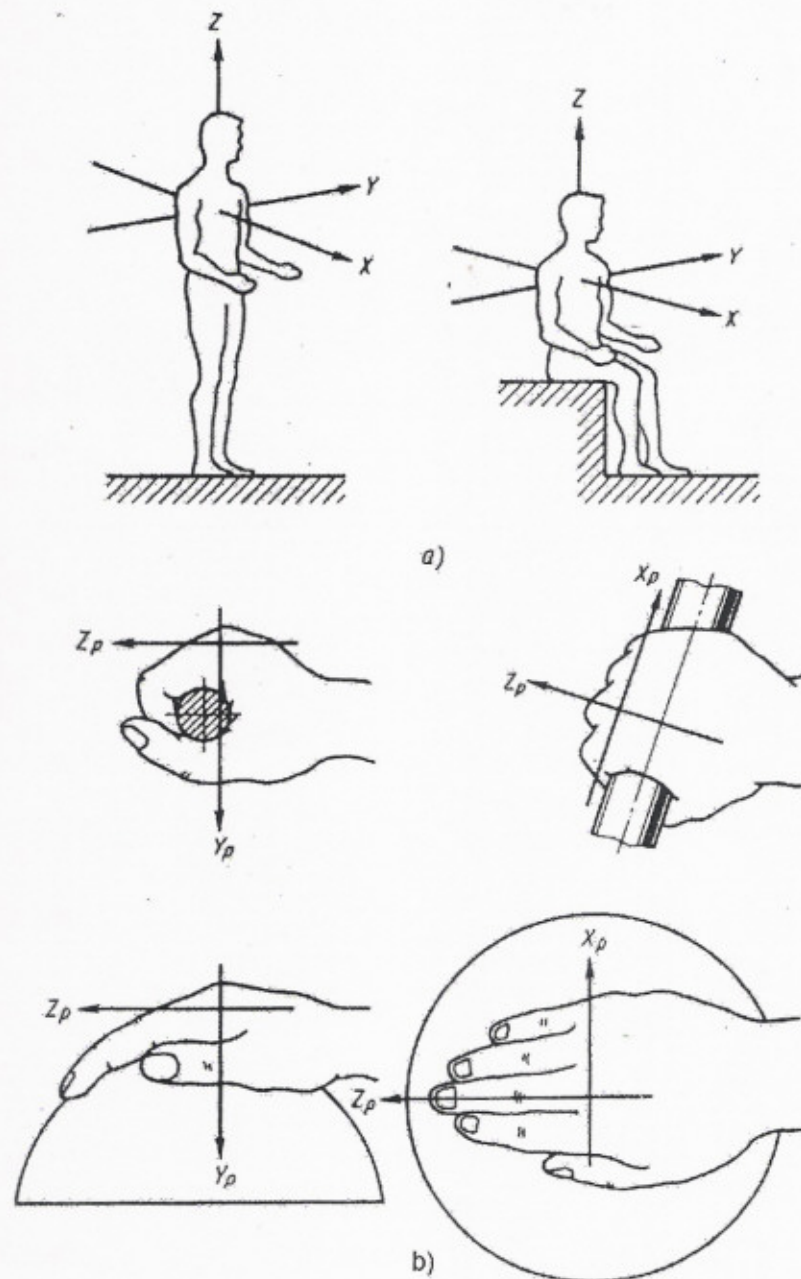
V systéme prenosu vibrácií (obr. 7) od zdroja k miestam priameho pôsobenia na človeka operátora zaujímajú dôležité miesto subsystemy stroja, ktoré v závislosti od konštrukcie a zohľadnení možného šírenia vibrácií môže účinok zdroja vibrácií zoslabiť alebo zosilniť.

Podľa zdroja všeobecne vibrácie rozdeľujeme na tri kategórie:

1. dopravné vibrácie - pôsobia na človeka operátora z dopravných strojov a zariadení
2. dopravno - technologické - pôsobia na človeka operátora zo stavebných a zemných strojov

3. technologické vibrácie - pôsobia na človeka operátora z výrobných strojov a technologických zariadení

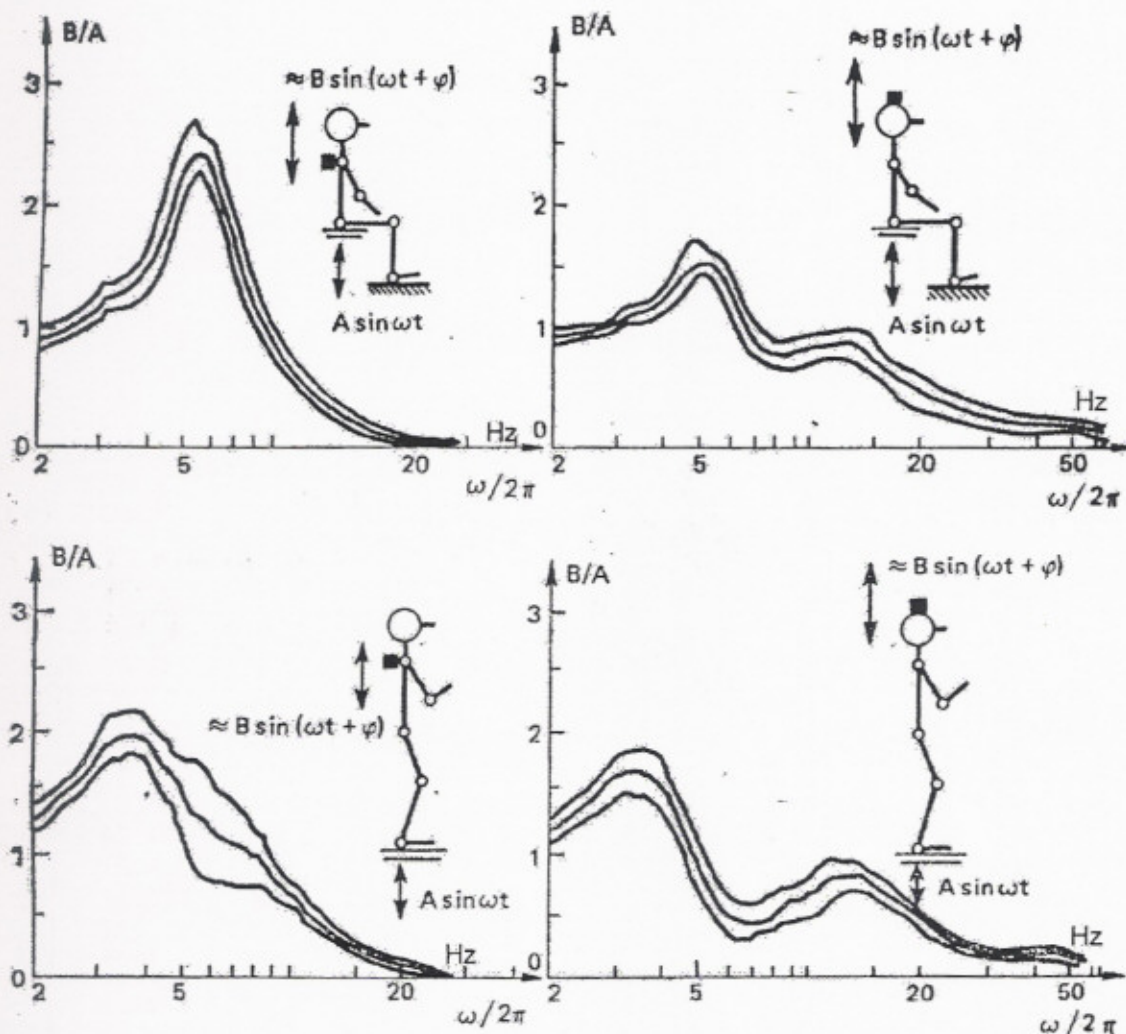
Z hľadiska pôsobenia priemyselnej vibrácie na človeka rozdeľujeme vibrácie na vertikálne, horizontálne (obr.8).



Obr.8 Smer súradnicových osí pri pôsobení vibrácií

a - všeobecné (poloha v sede a stojí); b - lokálne (chvat valcových a guľových povrchov)

Pre lokálne vibrácie os X_p stotožňujeme s osou miesta zovretia ruky a povrchu kontaktu; os Z_p leží v rovine tvorenej osou X_p a smerom pohybu ruky alebo pôsobenia sily. Ďalej rozlišujeme pôsobenie v polohe sediacej alebo stojacej (obr.9).



Obr. 9

5.2 PRIEMYSELNÉ VIBRÁCIE A ČLOVEK

Ľudské telo ako celok môže znášať zmenu výchylky, ak je prevádzaná pomaly. V určitom rozmedzí nie je samotná amplitúda kmitania žiadnym problémom. Je však všeobecne známe, že pohoda prostredia sa zmení, ak sa začne zvyšovať kmitočet [8].

Mechanické kmitanie na človeka môže pôsobiť všeobecne alebo lokálne. Ak je vstup mechanického kmitania na nosné časti tela, je kmitaním zasiahnuté celé

telo človeka. Pri lokálnom pôsobení mechanického kmitania je pod jeho vplyvom len časť tela. Pôsobenie mechanického kmitania na človeka závisí najmä od spôsobu jeho prenosu, fyzikálnych vlastností kmitania, času expozície, polohy ľudského organizmu, telesnej konštrukcie a pod. [9].

So všeobecnými vibráciami sa stretávame v dopravných prostriedkoch, výrobných halách, priemyselných budovách a pod. Lokálnym vibráciám sú najčastejšie vystavené ruky, ktoré ako pracovný nástroj sú bezprostredne vystavené mechanickému kmitaniu a intenzita prenášaného kmitania závisí aj od veľkosti prítlačnej sily. Vibrácie, ktoré pôsobia na ruky, môžu pri súčasnom pôsobení nepriaznivých faktorov zapríčiniť vážne zdravotné poruchy. Tieto poruchy spôsobujú najmä bežné ručné mechanizačné nástroje používané pri práci, napr. ručné pneumatikové kladivá.

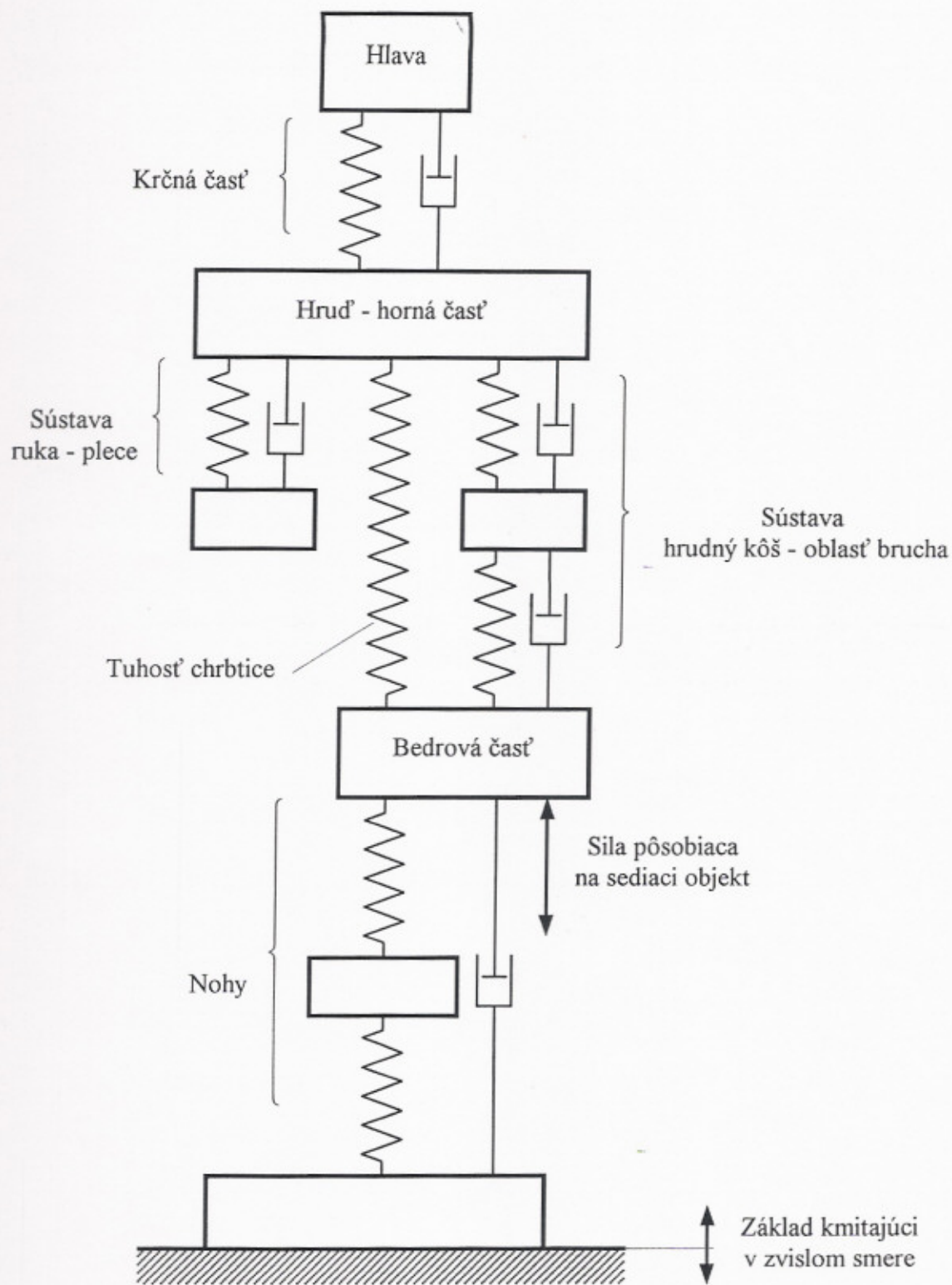
Súčasné pôsobenie vibrácií, chladu a vlhka predstavuje rizikovú kombináciu, ktorá spôsobuje napr. poruchy krvného obehu v postihnutých končatinách a ochorenie známe ako "biely prst" [5].

Pôsobenie všeobecného kmitania na človeka s frekvenciou 0,15 - 0,3 Hz zasahuje predovšetkým vestibulárnu funkciu, ktorá sa prejavuje ako stav ukoľísania, sprevádzaný krútením hlavy, žalúdočnými ťažkosťami, narušením koordinácie pohybu, dezorientáciou a psychofyzickými ilúziami.

Oblasť nízkych frekvencií pod 1 Hz človek vníma najmä zrakom. Frekvencie do 10 Hz pri väčších hodnotách výchyliek možno vnímať vestibulárnym ústrojenstvom, ktorý registruje zmenu polohy. Frekvencie väčšie ako 20 Hz vnímame aj sluchom.

Pôsobením mechanického kmitania vzniká vynútené kmitanie niektorých častí ľudského organizmu alebo celého tela. Závisí to predovšetkým od spôsobu prenosu vibrácií na ľudský organizmus a fyzikálnych vlastností (amplitúda, frekvencia). Ak sa budiaca frekvencia ω , rovná alebo je blízka vlastnej frekvencii ω_0 niektorých orgánov a častí tela alebo celého tela, dochádza k ich rezonancii [3]. Rezonančné javy v ľudskom tele vznikajú pri pôsobení celkových vibrácií.

Uvažujeme ľudské telo ako mechanický systém zaťažovaný nízkymi frekvenciami s približne lineárnymi redukovanými parametrami (obr.10).



Obr.10 Náhradný dynamický model ľudského tela.

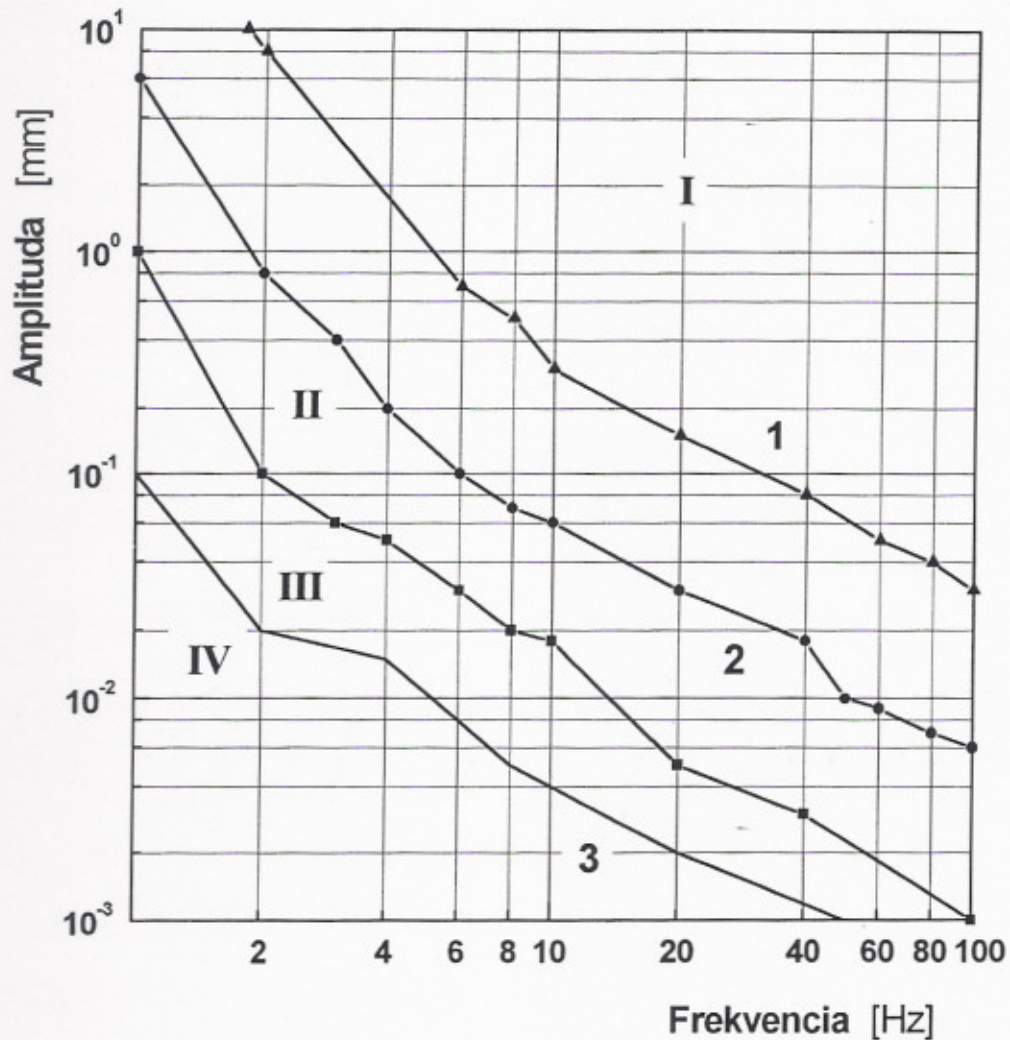
Jednou z najdôležitejších častí tohto systému so zreteľom na kmitanie a rázy je brušno - hrudný systém, pri ktorom vzniká rezonančná frekvencia v intervale 3 až 6 Hz. Týmto hodnotám zodpovedá aj základná rezonancia ľudského organizmu pri vertikálnom smere mechanického kmitania pre polohu v sede alebo v stojí. Pre rovnakú polohu tela a horizontálny smer mechanického kmitania je rezonančná oblasť približne 3Hz. Systém hlava - krk - ramená má rezonančnú oblasť od 20 do 30 Hz. K rezonancii očných buliev, spojených s neostrým videním, dochádza v rozsahu 20 - 60 Hz a rezonancia systému čel'ust' - lebka v intervale 100 - 200 Hz. Uvedený model ľudského tela je vhodný len do frekvencie 100 Hz.

Pri pôsobení mechanického kmitania pri vyšších frekvenciách, ktoré sa do ľudského tela prenášajú napr. cez ruky z mechanického náradia, môže sa obmedziť prekrvovanie periférnych oblastí ľudského organizmu.

Pôsobenie kmitania na človeka ovplyvňuje i reflexné systémy a vnútornú sekreciu, ktorá sa zvyšuje a je nerovnomerná. Mechanické kmitanie sa prenáša kostrou človeka až do lebky, a tým sa môže presunúť prah sluchu [9].

Vibrácie spôsobujú zvýšenú únavu človeka, nakoľko ich vplyv sa šíri na mnohé skupiny nervov. Vplyv vibrácií na človeka a hranice prípustných kmitaní sú ukázané na obr. 11.

- I - škodlivé, bolestivé, neznesiteľné vibrácie
- II - silno vnímané kmitanie
- III - slabo vnímané kmitanie
- IV - človekom nevnímané kmitania
- 1 - hranica prípustných kmitaní jednotlivých častí ľudského tela
- 2 - hranica prípustných kmitaní ľudského tela
- 3 - hranica vnímania kmitania zmyslovými orgánmi človeka



Obr. 11

Priemyselné vibrácie majú široký frekvenčný interval (od niekoľkých desiatín až tisícky Hz) kmitov, pôsobiacich prostredníctvom dráždenia periférnych nervových zakončení v mieste kontaktu a spôsobujú zmenu fyziologických ako aj funkčných stavov človeka.

V prevádzkových podmienkach vzniká vynútené neplánované kmitanie a jeho pôsobenie na človeka. Za určitých už spomínaných podmienok, pri dlhodobom pôsobení sa stáva kmitanie nebezpečným pre zdravie človeka operátora, znižuje produktivitu práce a môže spôsobovať choroby z povolania, tzv. vibračné choroby.

Všeobecné charakteristiky negatívneho vplyvu vibrácií na človeka sú uvedené v tab. 4.

Negatívne vplyvy vibrácií na človeka operátora

Tabuľka 4

Typ zmien v organizme	Symptómy zmien	Dôsledky pôsobenia vibrácií
Funkcionálne	Zvýšenie únavy, oneskorená pohybová reakcia, poruchy očných reakcií a koordinácie pohybov	Zníženie produktivity práce a kvality práce
Fyziologické	Rozvoj nervových ochorení, poruchy srdcovo cievnej sústavy, svalových tkanív a kĺbov, orgánov vnútornej sekrécie	Vznik vibračných chorôb

Súčasná medicína považuje priemyselné vibrácie ako možný faktor stresu, ktorý má nežiadúci vplyv na psychomotorickú pracovnú schopnosť, emocionálnu sféru a rozumovú schopnosť človeka, zvyšujúcu pravdepodobnosť vzniku rôznych chorôb a nešťastí. Zvlášť nebezpečné je dlhodobé pôsobenie vibrácií pre ženský organizmus.

Široký komplex patologických zmien spôsobených vibráciami nazývame choroby z vibrácií alebo "vibračné" choroby.

Je potrebné rozlišovať tri základné typy vibračných chorôb:

- periférne - spôsobené pôsobením vibrácií na ruky,
- cerebrálne (mozgové) - spôsobené pôsobením vibrácií na celé telo,
- zmiešané - kombinácia dvoch predchádzajúcich.

Choroby z vibrácií majú v zásade tri štádia (stupne) podľa syndrómneho princípu:

1. stupeň - začiatkové štádium,
2. stupeň - mierne prejavujúce sa štádium,
3. stupeň - výrazne sa prejavujúce štádium.

V tab. 5 sú opísané štádia vibračných chorôb na základe materiálov publikovaných v lekárskej literatúre [6].

Štádia (stupne)	Typ vibrácií	Charakteristické symptómy
I - počiatočné príznaky	všeobecné	nespavosť, emocionálna nestálosť, ľahké poruchy citlivosti, únava nôh, nevýrazné zmeny periférneho videnia
	lokálne	pravidelné nevýrazné bolesti, trpnutie rúk, znížená citlivosť prstov na rukách, nepatrné zmeny ramenného svalstva
II - stredne výrazné príznaky	všeobecné	závrate, silné bolesti hlavy, zmeny vestibulárneho ústrojenstva, poruchy centrálnej nervovej sústavy
	lokálne	výrazné cievne poruchy, ruky sú vlhké a studené, prejavujú sa silné bolesti rúk, dochádza k funkčným zmenám centrálnej nervovej sústavy
III - výrazné príznaky	všeobecné	výrazné poruchy centrálnej nervovej sústavy, silne bolesti hlavy, neurotické reakcie, zmeny nadobúdajú trvalý charakter
	lokálne	zasiachnutie vyšších častí centrálnej nervovej sústavy (porážka), cievne poruchy končatín, neustále závrate, bolesti hlavy, stavy bezvedomia

V začiatočnom štádiu vibračných chorôb nebadáme poruchy pohybových funkcií človeka a vplyv na pracovnú schopnosť človeka. Vplyv na produktivitu práce alebo na sociálne a ekonomické ukazovatele je zanedbateľný. Pri mierne sa prejavujúcej chorobe (II. stupeň) sú badateľné odchýlky funkčných ukazovateľov zdravia a poruchy adaptačných schopností organizmu človeka. Môže nastať badateľné zníženie produktivity práce a ekonomických parametrov výroby.

Tretí stupeň chorôb z vibrácií je charakterizovaný poklesom odbornej pracovnej schopnosti.

Treba mať na zreteli, že choroby z vibrácií patria k skupine chorôb z povolania, ktoré možno liečiť už v rannom štádiu. V osobitne ťažkých prípadoch v organizme nastupujú nevhodné zmeny spôsobujúce invaliditu.

5.3 NORMOVANIE VIBRÁCIÍ

Zaťaženie organizmu pôsobiacim kmitaním, otrasmi a hlukom neustále rastie a stáva sa nežiadúcim faktorom. Na ochranu pred nežiadúcimi účinkami hluku a kmitania na ľudský organizmus štát predpisuje hraničné hodnoty pre účinky kmitania, ako aj spôsob ich merania.

Na území SR určuje tieto podmienky Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR zo 14.1.1977 (14/77 Zb.) "O ochrane zdravia pred nepriaznivými účinkami hluku a vibrácií" [10].

V medzinárodnom merítku koordinuje normotvornú činnosť medzinárodná organizácia pre normalizáciu (ISO). Na spolupráci s ISO sa podieľajú aj vládne aj nevládne organizácie.

Základom všetkých platných noriem a prepisov je norma ISO 2631- 1: 1985, v ktorej sú zhrnuté dovtedy známe vedomosti o pôsobení kmitania na človeka. Základom normy je klasifikácia zrýchlenia kmitania do hladín so šírkou 1/3 oktávy a určenie najvyšších prípustných hodnôt a to:

4. Najvyššie prípustné expozície z hľadiska zaručenia zdravia a bezpečnosti človeka, ktoré treba chápať ako absolútne fyziologické hranice.
5. Hranica zníženia výkonnosti vplyvom únavy, napr. pri činnosti mobilných pracovných prostriedkov, alebo u vodičov dopravných prostriedkov.
6. Hranica zníženej pohody a komfortu v dôsledku pôsobenia kmitania, napr. v prípade dopravných prostriedkov je cestujúcemu znemožnené počas jazdy jesť, piť alebo čítať [10].

V roku 1987 bol vydaný vo Veľkej Británii britský štandard BS 6841:1987, ktorý veľmi podrobne hodnotí účinky kmitania na človeka, a to nielen na súši ale aj na mori, ktorý sa odlišuje od predmetnej normy ISO 2631 - 1:1985. Obsahuje výsledky novších výskumov v tomto odbore. Zaoberá sa aj účinkami kmitania s veľmi nízkou frekvenciou v pásme, ktoré vyvoláva často kinetózu.

Okrem toho ďalšia norma ISO 2631 - 2: 1985 rieši problematiku hodnotenia účinku kmitania a otrasov v budovách.

5.4 MERANIE A KONTROLA PARAMETROV VIBRÁCIÍ STROJOV NA PRACOVNÝCH MIESTACH

Norma ISO 2631: 1996 [10] zahŕňa iné spôsoby merania celkových účinkov kmitania na človeka ako Vyhláška 14/77 Zb.:

1. Zavrhol sa metóda analýzy a udávania úrovne kmitania v tretinooktávových pásmach a porovnanie takto odmeraných hodnôt s určitými najvyššími prípustnými hodnotami.
2. Ako základná veličina, charakterizujúca účinok kmitania a otrasov na človeka sa dôsledne používa vážená efektívna hodnota zrýchlenia a_w , a to pre translačné kmitanie, ako aj rotačné kmitanie a to v prípade, že súčiniteľ výkmitu je menší ako 9. Táto základná charakteristika celkového kmitania je definovaná

$$a_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int a_w^2(t) dt}, \quad (5.1)$$

kde $a_w(t)$ je vážená hodnota zrýchlenia ako časová funkcia v jednotkách $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ alebo $\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}$

T je doba merania v s, ktorá má byť "dostatočne dlhá na zabezpečenie vyhovujúcej štatistickej presnosti výsledku" a tiež nato, aby odmeraný časový úsek bol pre meraný dej reprezentatívny. Dobu merania T treba udávať v meracom protokole.

3. Technicky sa môže určenie a_w realizovať buď analógovými alebo číslicovými metódami a to buď špecializovanými meracími prístrojmi podľa ISO8041: 1990 alebo pomocou tretinooktávových a úzkopásmových FFT analyzátorov signálu.
4. Norma obsahuje presnú definíciu frekvenčných váhových filtrov a to forme tabuliek a kriviek, ale tiež vo forme prenosových funkcií elektrických filtrov Butterworthovho typu. Navyše sú v meracom reťazci zaradené dolnopriepustný filter druhého rádu a hornopriepustný filter druhého rádu

Butterworthovo typu na potlačenie kmitania mimo hodnoteného funkčného pásma.

5. Používajú sa dve skupiny frekvenčných váhových funkcií:

A/ Základné frekvenčné váhové filtre a to označené ako:

W_d pre: - osi x a y stojacej osoby,
- osi x,y pod zadnicou sedacej osoby,
- pre horizontálny smer ležiacej osoby,
- pre smer y,z na chrbtovej opierke sediacej osoby.

W_k pre: - os z stojacej osoby,
- os z pod zadnicou sediacej osoby,
- pod vertikálny smer ležiacej osoby,
- pre osi x,y,z pod nohami sediacej osoby.

W_f pre kinetózu.

B/ Dodatočné váhové frekvenčné filtre a to:

W_c pre smer x pod chrbtovou opierkou sediacej osoby
(v smere pohľadu, t.j. jazdy),

W_e pre rotačné zrýchlenie pôsobiace na sediaceho človeka v každej
z troch osí,

W_j pre určenie účinkov kmitania na hlavu ležiacej osoby.

Spôsob hodnotenia pôsobenia celkového kmitania na človeka podľa normy ISO 2631 96:

- a) Zdravotné účinky celkového kmitania, ktoré v podstate vychádzajú z experimentov so sediacimi dobrovoľníkmi.
- b) Komfort počas práce, cestovania alebo iných aktivít, pri pôsobení kmitania.
- c) Pravdepodobnosť vzniku kinetózy pri kmitavom pohybe s frekvenciou nižšou ako 0.5 Hz.
- d) Prah vnímania kmitania.

5.5 ZABEZPEČENIE OCHRANY PRED NEŽIADÚCIMI ÚČINKAMI VIBRÁCIÍ

Aby sme sa vyvarovali negatívnym vplyvom a účinkom mechanického kmitania na zdravie človeka, je potrebné vykonávať vhodné opatrenia.

V praktických situáciách môže byť nevyhnutné spojenie určitých opatrení.

Kategorizujeme ich podľa týchto smerov [11]:

- technické opatrenia,
- riadiace opatrenia,
- osobná ochrana,
- hygienické opatrenia (zákon, smernice atď).

Metódy znižovania vibrácií môžeme rozdeliť na:

1. Primárne - pri konštruovaní strojov a zariadení treba používať také konštrukčné komponenty, ktoré sú menej hlučné a pritom plnia tú istú funkciu, napr. klzne ložiská namiesto valivých, klinové remene namiesto pásových a pod.
2. Sekundárne - cieľom je znížiť tok vibroakustickej energie do voľného priestoru na minimálnu hodnotu, alebo zabrániť šíreniu zvukových vln v konštrukciách od zdroja ďalej. Na to slúžia rôzne kryty zdrojov hluku alebo kapotáže celého strojového zariadenia. Zvukoizolačné kryty sú vyrobené z vrstvených panelov, pri ktorých sa využívajú rôzne absorbčné materiály pórovitej štruktúry. Vhodne navrhnutý kryt môže zabrániť emisii vibroakustickej energie do voľného priestoru.

Menej účinné je budovanie zásten, ktoré časť akustickej energie absorbujú a časť odrazia späť do priestoru. V hlučnej prevádzke je vhodné využívať zvukoizolačné kabíny.

Ľudí alebo strojové zariadenia možno pred kmitaním pasívne chrániť týmito metódami:

1. Zamedzením prenosu vibroakustickej energie do konštrukcie. Toto sa v praxi väčšinou robí technikou pružného ukladania strojov a dynamicky namáhaných agregátov, alebo použitím nepriezvučných materiálov.
2. Minimalizáciou sekundárnej emisie vibroakustickej energie z konštrukcie. V praxi sa to najúčinnejšie dosahuje antivibračnými materiálmi, alebo umelým zvyšovaním útlmu pružných kmitajúcich častí konštrukcie strojov.

Za kvantitatívnu mieru individuálneho rizika autori [6] považujú strednú odchýlku ochorenia človeka za jednotku času, ktorá má interval hodnôt od $1 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-2}$ na človeka za rok.

Individuálne riziko v súčasnej spoločnosti môže byť podmienené tak stochastickými udalosťami (pravdivými nešťastnými udalosťami) ako aj dlhším kumulatívnym pôsobením zdroja ochrany. Charakteristické zvláštnosti a vlastnosti zdroja ochrany podmieňujú špecifikum vznikajúcej choroby.

V prípade pôsobenia vibrácií na človeka je charakteristikou individuálneho rizika možnosť ochorenia človeka na nemoc z vibrácií. Pre rôzne druhy činnosti je v [6] zostavená klasifikácia individuálneho rizika tab. 6.

Klasifikácia zdrojov rizikových onemocnení z vibrácií.

Tabuľka 6

Zdroj rizikových onemocnení	Základné príčiny onemocnení
Používanie dopravných prostriedkov	Vplyv všeobecných vibrácií
Obsluha nebezpečných technologických strojov a agregátov	Taktiež
Použitie ručných zariadení	Vplyv lokálnych vibrácií

Na základe všeobecnej analýzy hodnôt rizika smrti pri rôznych druhoch ľudskej činnosti je v [6] predložená klasifikácia podmienok profesionálnej bezpečnosti v tab. 7, podľa ktorej pre väčšinu pracovníkov v strojárskom priemysle sa pohybuje koeficient individuálneho rizika ochorenia v intervale $1 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-3}$ na človeka za rok.

Klasifikácia podmienok profesionálnej bezpečnosti.

Tabuľka 7

Kategória	Podmienky profesionálnej spôsobilosti	Interval rizika (na človeka za rok)
I	Bezpečné	$< 1 \cdot 10^{-4}$
II	Menej bezpečné	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
III	Nebezpečné	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
IV	Zvlášť nebezpečné	$> 1 \cdot 10^{-2}$