

Ultrazvukové vlnění

Ultrazvukové vlnění

Ultrazvuk je **mechanické vlnění** s frekvencí **větší než 20 kHz**, neboli přesahující horní hladinu slyšitelnosti. Pro člověka je tedy neslyšitelný. Je však slyšitelný pro řadu živočichů (např. psy, delfíny, netopýry). Vlastnostmi se od slyšitelného zvuku a infrazvuku neliší.

Vnímání ultrazvuku

U lidí

Lidské ucho není schopné vnímat ultrazvuk, což je zapříčiněno anatomicko-fyzikálními limitacemi středního a vnitřního ucha. Horní hranice slyšitelnosti se všeobecně se vzrůstajícím věkem snižuje. U dětí může výjimečně překročit i hranici 20 kHz. Sluchový vjem z ultrazvukového vlnění může vzniknout v hlemýždi při přímém průchodu vlny přes kost (kostní vedení), aniž by prošla vnějším zvukovodem nebo středoušní dutinou.



Přibližné rozdělení ultrazvukového vlnění

U zvířat

Všeobecně řečeno, existuje mnoho druhů živočichů, převážně nočních, které využívají ultrazvukového vlnění k orientaci za snížené viditelnosti (echolokace). Některé druhy mají horní hranici slyšitelnosti až téměř 180 kHz (tedy v oblasti ultrazvuku). Ultrazvukové, **vysokofrekvenční píšťaly** se používají například při tréninku psů.

Fyzikální podstata

Od zdroje se ultrazvuk šíří prostředím jako vlnění, které se podle směru kmitání částic daného prostředí rozděluje na **podélné vlnění**, kdy se částice pohybují ve směru šíření vlnění, a **vlnění příčné**, kdy částice kmitají kolmo na směr šíření vlnění. V měkkých tkáních a tekutinách lidského těla se ultrazvuk šíří formou vlnění podélného. Pouze v kostech se ultrazvuk šíří také formou příčného vlnění.

Ultrazvuk se podobně jako **zvuk nejlépe šíří v tuhých látkách** – rychlost asi 3000 m/s, hůře v kapalinách – rychlost 1000 m/s, nejhorší šíření ultrazvuku je ve vzduchu – rychlost asi 350 m/s. Závislost rychlosti vlnění na prostředí může být potenciálním zdrojem nepřesností, pokud je použito ultrazvuku k měření vzdáleností. Pro potřeby měření v biomedicině je tato chyba obvykle zanedbatelná.

Využití ultrazvuku

Ultrazvukové vlnění má široké spektrum využití nejen v armádě, technologickém průmyslu, farmacii i v medicíně. Výhodami využití ultrazvuku jsou hlavně jednoduchá a **bezkontaktní** detekce a měření uvnitř prostorů, které bychom jinými prostředky jenom těžce zmapovali. Používají se jak spojitě, tak i přerušované (pulzační) vlny. Princip využití pulzačních vln spočívá ve vysílání krátkých impulzů ultrazvukové energie. Po každém impulzu receptor signálu přijímá odraženou vlnu v krátkém časovém okně. Signál je pak vyhodnocen. Tyto metody se uplatňují např. k měření průtoku trubic.

Existuje několik generátorů ultrazvuku:

- **Mechanické generátory**, tedy např. speciální píšťaly a sirény, mají význam spíše historický.
- **Magnetostrikční generátory** vytvářejí ultrazvukové vlny pomocí feromagnetické tyčinky, která je umístěna v magnetickém poli elektromagnetu napájeného střídavým proudem. Mají velký výkon, ale lze jimi generovat ultrazvuk o frekvenci jen asi do 60 kHz. Maximální frekvence je omezena především tím, že s rostoucí frekvencí roste i impedance budící cívky. Využití mají v zubním lékařství při odstraňování zubního kamene a kazu, omezeně i ve fyzikální medicíně.
- **Piezoelektrické generátory** jsou nejčastěji používané generátory ultrazvuku v medicíně. Jejich fyzikální podstatou je piezoelektrický jev, tedy změna tvaru některých materiálů v elektrickém poli. Destička z vhodného materiálu (křemen, některé keramické materiály, atp.) je připojena k elektrodám se střídavým napětím. Destička tak kmitá se stejnou frekvencí jako přiložené napětí a tím mění elektrickou energii na mechanickou energii vlnění. Piezoelektrické generátory mohou generovat ultrazvuk až do desítek megahertzů.

Frekvenční pásmo 2–40 MHz je nejvhodnější pro aplikaci v medicíně, přičemž je možné rozlišovat:

- **nízkofrekvenční ultrazvuk** (20–100 kHz) používaný zejména v ultrazvukové chirurgii při operačních zákrocích i na čištění nástrojů,
- **vysokofrekvenční ultrazvuk** používaný ve fyzikální terapii (1–3 MHz) a v diagnostice (2–40 MHz).

Ultrazvuk v medicíně

Nejdůležitější aplikací ultrazvuku je medicínská ultrasonografie a akustická mikroskopie. Teoretické využití těchto metod bylo vědcům zřejmé už dávno, ale praktické užití přišlo až později s vyspělejší technikou. K zobrazování předmětů v medicíně pomocí ultrazvuku se užívá mechanické vlnění s frekvencemi vyššími než 2 MHz a intenzitou méně než 1W/cm². Pro vyšší rozlišení je vhodnější kratší vlnová délka, nevýhodou ale je menší perforace. S větší vlnovou délkou pronikne vlna hlouběji, nezachytí ale takové detaily.

S rostoucí frekvencí, tedy s klesající vlnovou délkou, je ultrazvukové vlnění ve tkáních výrazněji "absorbováno", přesněji řečeno dochází k výraznější **přeměně** mechanické energie **mechanického vlnění** na **energii tepelnou**, tedy k ohřevu tkání. Praktickým důsledkem je to, že ultrazvuk o velmi vysoké frekvenci (desítky až stovky megahertz) lze použít jen k vyšetření kůže. Při použití dostatečných intenzit, aby bylo i echo spolehlivě měřitelné, by docházelo k výraznému ohřevu tkání těsně pod sondou. Prakticky se hovoří o tom, že ultrazvuk o vyšších frekvencích má **nižší hloubku průniku**. Na druhou stranu platí, že čím vyšší je frekvence ultrazvuku, tím je rozlišovací schopnost vyšetření lepší. Dokonce ultrazvuky o frekvenci stovek megahertz se používají, i když spíše experimentálně než v klinické praxi, k zobrazení struktury tkání na úrovni téměř histologických detailů.

Princip vyšetření ultrazvukem

1. Metoda odrazová impulsní — **sonda** se přiloží na povrch a vysílá vlny ve formě krátkých impulsů, které procházejí zkoušeným materiálem, odrážejí se od rozhraní s jiným prostředím, které má jinou akustickou impedanci než studovaná tkáň, a vracejí se k sondě, kde jsou registrovány. Výhodou je použití jenom jedné sondy a možnost měření nepřístupných těles a prostorů.
2. Metoda průchodová impulsní — používají se sondy uložené na opačných površích testovaného předmětu — vysílač a přijímač. Měříme množství energie, které se skrze materiál dostane z vysílací sondy k sondě přijímací.

Ultrazvukové vlnění se na rozhraní pevná látka — plyn téměř zcela reflektuje. I velmi tenká vrstva plynu mezi sondou a tkání prakticky znemožní průstup vln do materiálu. Proto se prostor mezi sondou a povrchem testované látky vyplňuje kapalným nebo polotuhým materiálem, který nazýváme **akustická vazba**.

Vazební látkou může být vazelína, olej, glycerín, voda nebo speciální prostředky pro akustickou vazbu.

Medicínská ultrasonografie

Je to technika založená na vlastnostech ultrazvukových vln. Pomocí ultrasonografie zobrazujeme svaly, orgány, kosti, tělesné dutiny a další struktury. Využitím moderních technologií dokáže počítač konjugovat mnoho dvourozměrných snímků a vytvořit tak 3D obraz v reálném čase. Tato diagnostická technologie je relativně finančně dostupná a lehce přenosná. Nejčastěji se využívá při **zobrazování plodu v prenatalním období**. V porovnání s jinými diagnostickými zařízeními je ultrasonografie jednou z nejšetrnějších metod a pro pacienta nepředstavuje žádnou hrozbu. Ultrazvukové vyšetření má pestrý škálu využití — od lokalizace traumat až po zjišťování abnormalit a lézí v rozličných tkáních.

Mezi jiná využití ultrazvuku patří například čištění ultrazvukem, veterinářská diagnostika, ultrazvukové zvlhčování vzduchu, terapeutické využití — léčení zánětů pojivové tkáně, rozbíjení močových kamenů a jiných obstrukčních těles, sonochemie.

Bezpečnost

Časté vystavení ultrazvuku s hladinou hlasitosti vyšší než 120 dB může vést ke ztrátě nebo oslabení sluchu. Vystavení 155 dB už může způsobovat tepelné zahřívání tkání a předpokládá se, že smrtelná je již hladina přibližně 180 dB. Limit ve veřejných prostorech by měl být ideálně 70 dB při 20 kHz.

Vlastnosti

Ultrazvuk má velmi vysokou frekvenci, a proto velmi krátkou vlnovou délku. Jeho vlnová délka je menší než vlnová délka zvuku, proto je šíření ultrazvuku méně ovlivněno ohybem. Výrazný je ale jeho odraz od překážek a skutečnost, že je méně pohlcován v kapalinách a pevných látkách.

Na rozhraní dvou tkání o různých akustických impedancích dochází k částečné změně směru šíření vln a jejich odrazu. Poměr intenzit R odražené vlny k dopadající vlně ultrazvukové lze vypočítat podle vztahu:

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

Platí:

- $R = 0$, jestliže $Z_1 = Z_2$
- $R \rightarrow 0$, jestliže $Z_1 \approx Z_2$
- $R \rightarrow 1$, jestliže $Z_1 \gg Z_2$ nebo $Z_2 \gg Z_1$

Poměr intenzit T procházející k dopadající ultrazvukové vlně lze zjistit ze vztahu $T = (1 - R)$.

Pro ultrazvuk všeobecně platí stejná pravidla a zákonitosti jako pro jiné typy mechanického vlnění.

Zdroje

Odkazy

- <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/203-ultrazvuk>
- <https://is.muni.cz/th/t0bcj/?so=nx>
- <https://referaty.aktuality.sk/ultrazvuk/referat-3154>http://www.amapro.cz/datove_zdroje/knihy/fyzika/fyzika_171.php
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk>

Související články

- Ultrazvuk
- Účinky ultrazvuku
- Ultrazvuk v různých prostředích a tkáních

Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš. Biofyzika v medicíně. 1. vydání. Praha : Manus, 2003. ISBN 80-86571-03-3

VŠB - TUO, Ultrazvukové vlny. Ostrava

20.11.