

## Odrážení zvuku, pohlcování zvuku

V důsledku toho, že při dopadu zvukového **vlnění** na překážku (např. stěna, dveře, ...) část zvukové **energie** proniká do druhého prostředí a zbytek se od překážky odráží podle **zákona odrazu**, je intenzita odraženého (reflektovaného) vlnění  $I_r$  vždy menší než intenzita  $I_0$  vlnění dopadajícího na stěnu. Část zvukové energie, která pronikla do překážky je z hlediska místnosti ztracená (pohlčená). Platí jednoduchý vztah:  $I_0 = I_r + I_a$ , kde  $I_a$  je intenzita pohlčeného (absorbovaného) vlnění.

Na základě toho je možné zavést podíly:

1.  $r = \frac{I_r}{I_0}$ , který se nazývá **koeficient odrazivosti (reflexe) zvuku** při odrazu

2.  $\alpha = \frac{I_a}{I_0}$ , který se nazývá **koeficient pohltivosti (absorpce) zvuku** při odrazu.

V tomto případě evidentně platí  $r + \alpha = 1$  a je-li jeden ze sčítanců nulový, druhý má maximální hodnotu rovnou jedné. V tom případě se zvuk buď beze zbytku odráží ( $r = 1$  - v praxi nenastává) nebo beze zbytku absorbuje ( $\alpha = 1$ ).

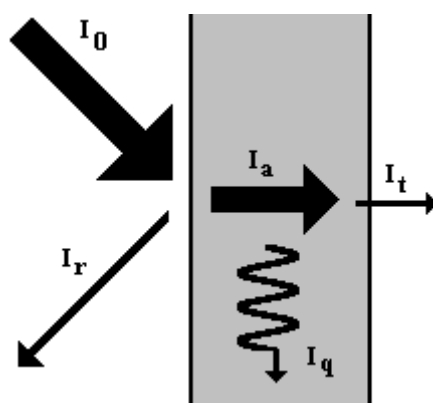
Zvuk absorbovaný stěnou z hlediska uvažované místnosti nemusí být zcela přeměněn vnitřními ztrátami v **teplo**, ale může ho část projít stěnou do místnosti druhé (např. dveřmi, ...). Označíme-li  $I_q$  intenzitu vlnění přeměněného ve stěně v teplo a  $I_t$  intenzitu prošlou (transferovanou) do vedlejší místnosti, platí:  $I_a = I_q + I_t$ . Pro relativní vyjádření se zavádí **koeficient zvukové průzvučnosti (propustnosti)** vztahem  $\tau = \frac{I_t}{I_0}$ .

Schematické rozdělení **intenzity zvuku** při dopadu na stěnu ukazuje obr. 67.

V praxi mohou nabývat hodnoty 1 pouze koeficienty  $\alpha$  a  $\tau$ :

1.  $\alpha = 1$  - v případě otevřeného okna, kdy veškerá dopadající energie zmizí ve venkovním prostoru a žádná část se neodráží zpět do místnosti
2.  $\tau = 1$  - v případě otevřených dveří, kdy veškerá na dveře dopadající energie přejde do sousední místnosti.

V ostatních případech je  $\alpha, \tau \in (0; 1)$ .



Obr. 67

Koeficient pohltivosti závisí především na materiálu a charakteru jeho povrchu, ale mění se i s výškou zvukového vlnění - pro nižší **tóny** je koeficient absorpce tónu menší a pro vyšší tóny je naopak o něco vyšší. Tento koeficient je větší u látek pórovitých (koberec, závěsy, děrované panely, ...), velmi malý je tento koeficient u materiálů kompaktních a hladkých (kovy, dlaždice, sklo, ...).

Proto se např. stěny hudebních sálů pokrývají koberci, zatahují se kolem závěsy, ... aby část zvuku hudební produkce pohltily a nedocházelo ke zkreslování zvuku pro posluchače. Jsou-li stěny

holé, téměř všechny zvuk se odráží zpět do místnosti a skladba nebo projev se stává velmi nesrozumitelný.

Celková pohlcená energie závisí nejen na koeficientu absorpce  $\alpha$ , ale i na velikosti pohlcující plochy  $S$ . **Pohltivost** stěny vyrobené z jednoho materiálu je  $A = \alpha S$ ;  $[A] = \text{m}^2$ . **Celkovou pohltivost (absorpci)**  $A$  místnosti získáme tak, že velikost ploch jednotlivých stěn vyrobených z jednoho materiálu vynásobíme jejich absorpčními koeficienty a získané součiny sečteme  $A = \sum \alpha_i S_i$ .

Někdy je výhodné znát střední hodnotu koeficientu pohltivosti  $\alpha_s$ :  $\alpha_s = \frac{A}{S} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i}$ .

Analogicky jako byla zavedena celková pohltivost lze zavést průzvučnost stěny  $B = rS$ ;  $[B] = \text{m}^2$ . Zde se ale nepoužívá vztah pro součet jednotlivých stěn, protože tento jev je poněkud komplikovanější.

Absorpční koeficient otevřeného okna se rovná 1, neboť od otevřeného okna se **zvukové vlnění** neodráží, a proto se absorpce otevřeného okna rovná jeho ploše. To znamená, že absorpci otevřeného okna s plošným obsahem  $1 \text{m}^2$  je  $A = 1 \text{m}^2$ . Díky tomuto poznatku se **jednotka** celkové absorpce (rozměr  $\text{m}^2$ ) nazývá „**otevřené okno**“.

Při počítání celkové absorpce dané místnosti je třeba brát v úvahu i absorpci těl osob přítomných v místnosti a nábytku.

Například na 1 osobu připadá průměrně  $0,42 \text{m}^2$  (otevřených oken), na dřevěnou židli  $0,01 \text{m}^2$  a na čalouněné křeslo  $0,09 - 0,28 \text{m}^2$ .

Je-li třeba snížit **hladinu intenzity** zvuku v prostoru, je nutno zvýšit celkovou pohltivost zvuku. To lze udělat buď obkládáním stěn hmotami s velkým koeficientem  $\alpha$ , nebo pomocí speciálních konstrukcí (divadelní sály, koncertní sály, ...). Při jejich konstruování se vychází z poznatku, že vznikne-li v prostoru **stojaté vlnění** (byť i jen na přechodnou dobu), bude mít při odrazu na stěně vždy **uzel**, v němž je amplituda **kmitání** (a tedy i energie) nulová. Maximální energie je naopak ve **kmitně**, která je od povrchu stěny vzdálená čtvrtinu **vlnové délky**. Umístíme-li do této vzdálenosti nějakou pohlcující látku (závěs, molitanem potaženou překážku, ...), dosáhneme velmi dobré pohltivosti pro žádanou **frekvenci**. Podobným způsobem fungují i absorpční **rezonátory** v děrovaných panelech.

Útlum stěn se udává i počtem decibelů, o které je hladina intenzity zvuku vnitřní místnosti menší než venku. Ideální útlum je takový, který sníží průměrnou **hlasitost** vnějšího zvuku pod zvukový práh. V praxi se však připouští: pro ateliéry zvukového **filmu** a rozhlasové ateliéry 6 až 10 decibelů, pro nemocnice 8 až 12 decibelů, pro školy, kostely, knihovny a divadla 10 až 20 decibelů a pro kanceláře 20 až 30 decibelů.