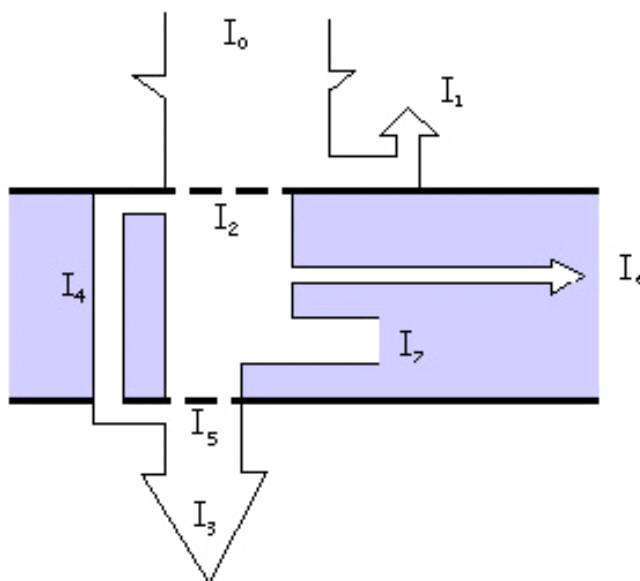


4. Pohlcování zvuku, šíření hluku ve volném a uzavřeném prostoru

4.1 Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na překážku

Při dopadu zvukové vlny na nějakou překážku (např. povrch stěny) se část zvukové vlny odrazí a část pohltí. Kromě toho může ještě část zvukové vlny projít do prostoru za stěnou. Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na nějakou stěnu je znázorněna na obr. 4.1. Akustický výkon dopadající na 1 m² povrchu stěny (tj. intenzita zvuku vlny dopadající na překážku) I_0 se rozdělí na následující dílčí složky:

- I_1 – intenzita zvuku vlny odražené,
- I_2 – intenzita zvuku vlny pohlcené,
- I_3 – intenzita zvuku vlny vyzářené za stěnu celkem,
- I_4 – intenzita zvuku vlny prošlé za stěnu otvory a póry,
- I_5 – intenzita zvuku vlny, kterou stěna vyzáří v důsledku svého ohybového kmitání do druhého poloprostoru,
- I_6 – intenzita zvuku vlny, která je vedena ve formě chvění do ostatních částí přiléhajících konstrukcí,
- I_7 – intenzita zvuku přeměněná ve stěně na teplo.



Obr. 4.1: Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na stěnu

4.2 Činitele zvuku

Na základě energetické bilance při dopadu zvukové vlny na stěnu (viz obr. 4.1) lze definovat činitele zvuku. Schopnost tělesa pohlcovat zvuk je charakterizována činitelem zvukové pohltivosti α , který je určen poměrem energie pohlcené určitou plochou k dopadající energii na tuto plochu. Lze ho vyjádřit rovnicí:

$$\alpha = \frac{I_2}{I_0} \quad (4.1)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Činitel pohltivosti zvuku je dán poměrem pohlcené akustické energie určitou plochou k dopadající akustické energii na tuto plochu.

Z hlediska zákona zachování energie je zřejmé, že činitel zvukové pohltivosti $\alpha \in \langle 0, 1 \rangle$. Stěna, u které dochází k úplnému pohlcení veškeré dopadající akustické energie, je charakterizována činitelem pohltivosti $\alpha = 1$. Jako nejvhodnější materiály pro pohlcování zvuku jsou doporučeny zejména materiály s porézní nebo vláknitou strukturou. Naopak v případě dokonalého odrazu dopadajícího akustického vlnění od povrchu stěny je tato stěna charakterizována činitelem pohltivosti $\alpha = 0$. Kromě daného typu materiálu závisí velikost činitele zvukové pohltivosti na mnoha faktorech, zejména na frekvenci dopadajícího akustického vlnění, dále na tloušťce materiálu, teplotě, rozložení a velikosti pórů v materiálu apod. Hodnoty činitele zvukové pohltivosti pro některé materiály a jejich tloušťky t v závislosti na frekvenci f jsou uvedeny v tab. 4.1.

Činitel zvukové odrazivosti β je dán poměrem intenzity zvuku vlny odražené od stěny k intenzitě zvuku vlny dopadající na danou stěnu:

$$\beta = \frac{I_1}{I_0}. \quad (4.2)$$

Činitel zvukové odrazivosti je dán poměrem odražené akustické energie od určité plochy k dopadající akustické energii na tuto plochu.

Podobně jako u činitele zvukové pohltivosti, velikost činitele zvukové odrazivosti leží v intervalu $\beta \in \langle 0, 1 \rangle$. Stěna s dokonalou odrazivostí zvuku je charakterizována činitelem odrazivosti $\beta = 1$. Pokud se veškerá dopadající akustická energie pohltí ve stěně, pak $\beta = 0$. Z energetického hlediska musí tedy platit následující závislost mezi činitelem zvukové pohltivosti a činitelem zvukové odrazivosti:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (4.3)$$

Ze zákona zachování energie je zřejmé, že součet činitele zvukové pohltivosti a činitele zvukové odrazivosti je roven 1.

Z výše uvedeného vztahu je zřejmé, že část dopadající energie akustického vlnění se pohltí ve stěně a zbylá část se odrazí od stěny.

Z obr. 4.1 je dále zřejmé, že část pohlcené akustické energie prostoupí za stěnu, další část se ve stěně transformuje v tepelnou energii a zbytek energie se šíří formou chvění do ostatních částí přiléhajících konstrukcí. Z tohoto důvodu je definován činitel zvukové průzvučnosti τ a činitel tepelné přeměny ε , pro které platí vztahy:

$$\tau = \frac{I_3}{I_0} = \frac{I_4 + I_5}{I_0}. \quad (4.4)$$

$$\varepsilon = \frac{I_7}{I_0}. \quad (4.5)$$

Na obr. 4.1 je rovněž znázorněna intenzita zvuku I_6 šířící se chvěním do ostatních částí přiléhajících konstrukcí. V případě zvukoizolačních plechových krytů je její hodnota zanedbatelná. Potom na základě zákona zachování energie lze psát:

$$\beta + \tau + \varepsilon = 1. \quad (4.6)$$

Porovnáním rovnic (4.3) a (4.6) lze psát:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



$$\alpha = \varepsilon + \tau \quad (4.7)$$

Materiál	t [mm]	α [-] při frekvenci f					
		f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Azbest	25	0,25	0,6	0,65	0,6	0,6	0,61
Beton	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Deska akustická absorpční z dřevěných hoblin s přídatkem struskové vaty a pojidla	25	0,08	0,24	0,55	0,78	0,78	0,74
Deska akustická absorpční (speciálně upravená)	25	0,22	0,51	0,89	0,98	0,71	0,66
Kámen leštěný	-	0,1	-	0,01	-	-	0,02
Koberec tkaný (na betonovém podkladu)	9,5	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
Koberec tkaný (na lepence tloušťky 3.10-3 m)	8	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,25
Linoleum (na betonovém podkladu)	3	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Písek (suchý)	100	0,15	0,35	0,4	0,5	0,55	0,8
Plst	25	0,12	0,32	0,51	0,62	0,60	0,56
Překližka dřevěná (trojvrstvá)	3	0,2	0,28	0,26	0,09	0,12	0,11
Sníh	25	0,15	0,40	0,65	0,75	0,80	0,85
	100	0,45	0,75	0,90	0,95	0,95	0,95
Škvára	280	0,90	0,90	0,75	0,80	-	-
Štuk na kovovém pletivu	19	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Vata skelná (nalisovaná)	25	0,24	0,30	0,57	0,69	0,70	-
	51	0,38	0,49	0,84	0,91	0,76	-
Vata strusková	25	0,26	0,45	0,61	0,72	0,75	-
Vlákna skelná pojená pryskyřicí	25	0,20	0,41	0,75	0,86	0,86	0,82
	51	0,41	0,60	0,99	0,99	0,84	0,85
Závěs velurový	-	0,05	0,12	0,35	0,45	0,38	0,36
Zed' cihlová	-	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07

Tab. 4.1: Hodnoty činitele zvukové pohltivosti některých materiálů

4.3 Neprůzvučnost

V technické praxi existují dva druhy neprůzvučnosti, a sice vzduchová a kročejová neprůzvučnost.

Existují dva druhy neprůzvučnosti, a sice vzduchová a kročejová.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



4.3.1 Vzduchová neprůzvučnost

O vzduchové neprůzvučnosti se mluví při šíření akustické energie ze vzduchu přes stěnu znovu do vzduchu za stěnou. Vzduchová neprůzvučnost R [dB] je závislá na činiteli zvukové průzvučnosti τ podle následujícího vztahu:

$$R = 10 \cdot \log \frac{1}{\tau}. \quad (4.8)$$

Vzduchová neprůzvučnost vyjadřuje zeslabení zvuku příčkou nebo stavební konstrukcí, resp. akustickou kvalitou příčky či konstrukce. Vzduchová neprůzvučnost obecně závisí na frekvenci. Snížení hladin hluku, kterého se dosahuje neprůzvučnou konstrukcí, bývá v praxi 10 dB až 50 dB. To je tak významný účinek, proto při konstrukci a projekci hlučných zařízení vkládáme neprůzvučné konstrukce mezi zdroj hluku a posluchače, pokud to dovolují možnosti.

Vzduchová neprůzvučnost charakterizuje šíření akustické energie ze vzduchu přes stěnu znovu do vzduchu za stěnou a vyjadřuje zeslabení zvuku přes stěnu.

4.3.2 Kročejová neprůzvučnost

Pojem kročejová neprůzvučnost se zavádí ve stavební akustice. V podstatě se jedná o vyzáření akustické energie, která byla uvedena do ohybového vlnění vlivem impulzů – kroků osob (týká se to pouze horizontálních prvků). Kroky osob jsou tedy zdrojem vibrací. Kročejová neprůzvučnost je potom charakterizována zeslabením takto vznikajícího hluku.

Kročejová neprůzvučnost charakterizuje zeslabení zvuku vlivem impulzů – kroků osob.

4.4 Šíření hluku ve volném prostoru

Předpokládejme zdroj hluku s akustickým výkonem P vyzařující hluk rovnoměrně všemi směry. Potom v určité vzdálenosti r od myšleného středu akustického vyzařování je střední intenzita zvuku dána vztahem:

$$I_{str} = \frac{P}{4\pi \cdot r^2}. \quad (4.9)$$

Většina zdrojů zvuku ale v praxi nevyzařuje zvuk rovnoměrně do všech směrů. Mají směrový charakter, který všeobecně vzrůstá s rostoucím kmitočtem. Z tohoto důvodu se zavádí tzv. činitel směrovosti Q , který je definován poměrem druhé mocniny akustického tlaku v daném směru (daném úhlem θ) na měřicí ploše a druhé mocniny průměrného akustického tlaku, který by zdroj stejného akustického výkonu vyvolal na měřicí ploše při vyzařování do všech směrů (tzn. do plného prostorového úhlu 4π rad):

$$Q_{(\theta)} = \frac{I_{(\theta)}}{I_{str(4\pi)}} = \frac{P_{ef(\theta)}^2}{P_{0efstr(4\pi)}^2}. \quad (4.10)$$

Činitel směrovosti se zavádí z důvodu nerovnoměrného šíření zvuku do všech směrů od zdroje zvuku.

Potom skutečná intenzita zvuku $I_{(\theta)}$ ve směru θ od zdroje zvuku, u kterého se nerovnoměrně šíří zvuk, se stanoví ze vztahu:

$$I_{(\theta)} = I_{str} \cdot Q = P \cdot \frac{Q}{4\pi \cdot r^2}. \quad (4.11)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Po provedení logaritmování výše uvedené rovnice a využití vzájemných vztahů mezi hladinami, lze tuto rovnici upravit do tvaru:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \frac{Q}{4\pi \cdot r^2} \quad (4.12)$$

Grafická závislost rovnice (4.12) je uvedena na obr. 4.2. Je-li L_{p1} hladina akustického tlaku ve vzdálenosti r_1 a L_{p2} hladina akustického tlaku ve vzdálenosti r_2 od bodového zdroje, pak lze s ohledem na rovnici (4.12) po matematických úpravách vyjádřit vzájemný vztah mezi oběma hladinami:

$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \cdot \log \frac{r_1}{r_2} \quad (4.13)$$

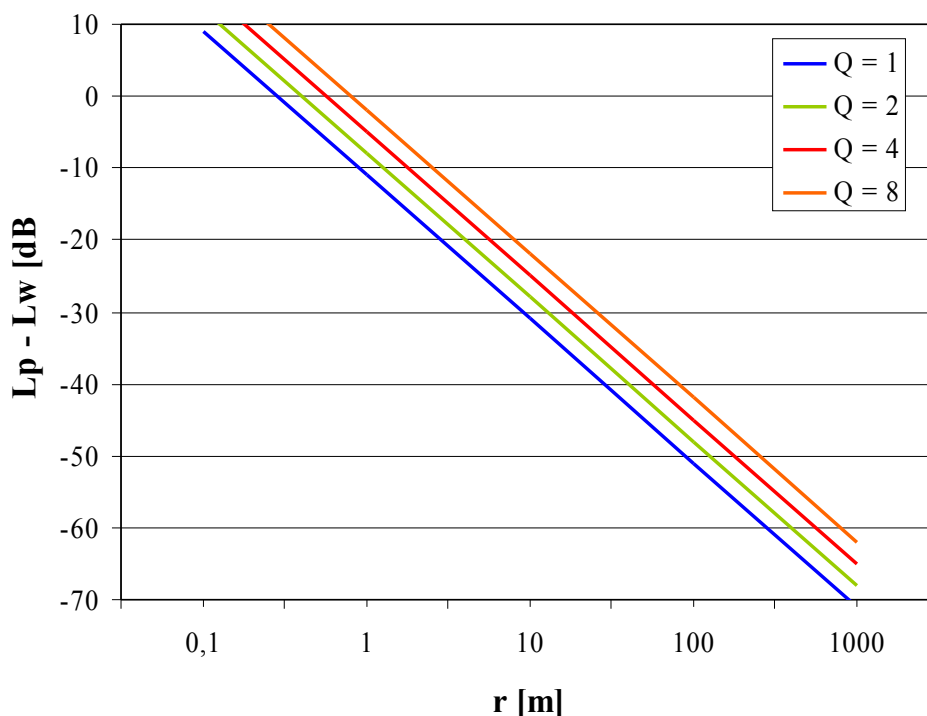
S rostoucí vzdáleností od zdroje zvuku dochází k poklesu hladiny akustického tlaku při šíření zvuku ve volném prostoru.

Zdvojnásobí-li se vzdálenost od bodového zdroje zvuku (tzn. $r_2 = 2 \cdot r_1$), potom se rovnice (4.13) upraví do tvaru:

$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \cdot \log \frac{r_1}{2 \cdot r_1} = L_{p1} + 20 \cdot \log \frac{1}{2} = L_{p1} - 6 \quad (4.14)$$

Zdvojnásobením vzdálenosti od bodového zdroje zvuku dojde tedy k poklesu hladiny akustického tlaku o 6 dB.

Pozn.: Rovnice (4.13) a (4.14) lze aplikovat pouze pro bodové zdroje zvuku. Nelze je použít pro liniový nebo plošný zdroj zvuku.



Obr. 4.2: Hladina akustického tlaku jako funkce vzdálenosti od zdroje zvuku

4.4.1 Šíření zvuku v reálné atmosféře

Vlastnosti vzduchu v jeho určitém objemu jsou všeobecně rozdílné. Nikdy není rovnoměrně rozložena teplota, hustota, vlhkost vzduchu a vzdušné proudy v daném objemu. V ideální

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



stejnorodé atmosféře při šíření zvuku z bodového zdroje se snižuje hladina akustického tlaku s rostoucí vzdáleností podle rovnice (4.13). Vlivem atmosférických podmínek a překážek bývá hladina akustického tlaku snížena o přídavný útlum D_E . Potom rovnice (4.13) nabude tvaru:

$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \cdot \log \frac{r_1}{r_2} - D_E. \quad (4.15)$$

Při šíření zvuku v reálné atmosféře dochází k poklesu hladiny akustického tlaku o přídavný útlum.

Přídavný útlum D_E je tvořen dílčími složkami podle rovnice:

$$D_E = D_{E1} + D_{E2} + D_{E3} + D_{E4}, \quad (4.16)$$

kde D_{E1} je útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu, D_{E2} - útlum zvuku vlivem mlhy, deště nebo sněhu, D_{E3} - útlum zvuku vlivem teplotních gradientů, větru, turbulencí a přízemního efektu, D_{E4} - útlum zvuku vlivem překážek (např. stromy a stěnami).

4.5 Šíření hluku v uzavřeném prostoru

Jestliže je v uzavřeném prostoru umístěn zdroj hluku, mohou se zde vytvořit dva druhy akustických polí:

- pole přímých vln
- pole odražených vln

Při šíření zvuku v uzavřeném prostoru se vyskytují dva vlnění, a sice pole přímých vln a pole odražených vln.

4.5.1 Šíření zvuku v uzavřeném prostoru v poli přímých vln

V případě šíření zvuku v uzavřeném prostoru lze v těsné blízkosti zdroje hluku uvažovat s šířením zvuku v poli přímých vln. V tomto případě se aplikuje teorie šíření zvuku ve volném prostoru, která je popsána v kapitole 4.4.

4.5.2 Šíření zvuku v uzavřeném prostoru v poli odražených vln

Při šíření zvuku v uzavřeném prostoru v poli odražených vln se vychází z předpokladu, že vysílání a pohlcování zvuku v uzavřeném prostoru probíhá nepřetržitě. Potom platí zákon zachování energie:

$$(P - P_p) \cdot d\tau = V \cdot dw, \quad (4.17)$$

kde P je vyzařovaný akustický výkon, P_p - pohlcený akustický výkon, V - objem místnosti, w - hustota akustické energie.

Za předpokladu rovnoměrného rozložení energie dopadající na stěny (resp. směry šíření akustických signálů jsou stejně pravděpodobné) lze odvodit střední intenzitu pole odražených vln:

$$I = \frac{w \cdot c}{4}. \quad (4.18)$$

Potom lze vyjádřit pohlcovaný akustický výkon všemi stěnami, které ohraničují uzavřený prostor, rovnicí:

$$P_p = \alpha_m \cdot I \cdot S = \frac{\alpha_m \cdot w \cdot c \cdot S}{4}, \quad (4.19)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky



kde S je součet všech dílčích ploch S_i ohraničujících uzavřený prostor a α_m je střední hodnota činitele zvukové pohltivosti, kterou lze stanovit na základě znalosti činitelů zvukové pohltivosti α_i jednotlivých ploch podle vztahu:

$$\alpha_m = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}. \quad (4.20)$$

Celkový odražený akustický výkon od všech stěn P_R jako část dopadajícího akustického výkonu na tyto stěny je dán vztahem:

$$P_R = P \cdot (1 - \alpha_m). \quad (4.21)$$

Při šíření zvuku v uzavřeném prostoru se zajímáme o ustálený stav, kdy nedochází k žádné změně hustoty akustické energie (tj. $dw/d\tau = 0$). V tomto případě akustický výkon obsažený v poli odražených vln je roven pohlcenému akustickému výkonu:

$$P \cdot (1 - \alpha_m) = \frac{\alpha_m \cdot w \cdot c \cdot S}{4}. \quad (4.22)$$

V ustáleném stavu při šíření zvuku v uzavřeném prostoru je akustický výkon v poli odražených vln roven pohlcenému akustickému výkonu.

S využitím rovnic (2.35) a (2.61) lze předchozí rovnici upravit do tvaru:

$$\frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{4P \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S}. \quad (4.23)$$

Převede-li se rovnice (4.23) do logaritmické stupnice s využitím definičního vztahu pro intenzitu zvuku, stanoví se za předpokladu zanedbatelně slabé přímé vlny hladina akustického tlaku v poli odražených vln:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \frac{4 \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S} = L_w + 10 \cdot \log \frac{4}{R}, \quad (4.24)$$

kde R je konstanta místnosti vyjadřující schopnost prostoru pohlcovat akustickou energii a je dána rovnicí:

$$R = \frac{\alpha_m \cdot S}{1 - \alpha_m}. \quad (4.25)$$

4.5.3 Celková hladina akustického tlaku v uzavřeném prostoru

V praxi je třeba počítat s kombinací účinku pole přímých i odražených vln při zjišťování hladin akustického tlaku v uzavřeném prostoru. Sečtou-li se účinky polí přímých i odražených vln (viz rovnice (4.12) a (4.24)), získá se výraz pro výpočet hladiny akustického tlaku v určitém bodu uzavřeného prostoru ve tvaru:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left[\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S} \right]. \quad (4.26)$$

Celková hladina akustického tlaku v uzavřeném prostoru je dána kombinací účinku pole přímých i odražených vln.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Z hlediska velikosti výrazů v hranaté závorce rovnice (4.26) lze usuzovat, zda daný bod se nachází v poli přímých nebo odražených vln. Pokud daný bod se nachází v poli přímých vln, potom platí:

$$\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} > \frac{4 \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S} \quad (4.27)$$

Podobně pro pole odražených vln platí:

$$\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} < \frac{4 \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S} \quad (4.28)$$

Pokud se daný bod nachází na rozhraní pole přímých vln a pole odražených vln, musí platit.

$$\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} = \frac{4 \cdot (1 - \alpha_m)}{\alpha_m \cdot S} \quad (4.29)$$

Z rovnice (4.29) lze následně stanovit vzdálenost r od centra akustického vyzařování, na níž se nachází rozhraní mezi polem přímých a odražených vln v uzavřeném prostoru:

$$r = \sqrt{\frac{\alpha_m \cdot S \cdot Q}{16\pi \cdot (1 - \alpha_m)}} \quad (4.30)$$

V určité vzdálenosti r od centra akustického vyzařování v uzavřeném prostoru se nachází rozhraní pole přímých a odražených vln. Při menších vzdálenostech od zdroje zvuku vzhledem k tomuto rozhraní potom převládá pole přímých vln, při větších vzdálenostech převládá pole odražených vln.

4.5.4 Doba dozvuku

Důležitou veličinou při řešení akustiky prostorů je průběh doznívání, tzv. doba dozvuku. Doba dozvuku je přitom doba, za kterou hustota akustické energie po vypnutí zdroje zvuku klesne na 10^{-6} původní hodnoty. Aplikací rovnic (4.17) a (4.19) po vypnutí zdroje zvuku se rovnice (4.17) upraví do tvaru:

$$V \cdot \frac{dw}{d\tau} = - \frac{\alpha_m \cdot w \cdot c \cdot S}{4} \quad (4.31)$$

Výše uvedenou rovnici lze upravit do tvaru:

$$w = w_0 \cdot e^{-\frac{\alpha_m \cdot c \cdot S}{4V} \tau} \quad (4.32)$$

Potom doba dozvuku T plyne ze základní definice poměru hustot akustických energií:

$$\frac{w}{w_0} = 10^{-6} = e^{-\frac{\alpha_m \cdot c \cdot S}{4V} T} \quad (4.33)$$

z čehož se matematickými úpravami stanoví odvozený teoretický vztah pro dobu dozvuku:

$$T = 0,161 \cdot \frac{V}{\alpha_m \cdot S} \quad (4.34)$$

Doba dozvuku je definována jako doba, za kterou hustota akustické energie po vypnutí zdroje zvuku klesne na 10^{-6} původní hodnoty.

Experimentálně bylo zjištěno, že rovnice (4.34) platí poměrně spolehlivě pro malé činitele zvukové pohltivosti, ale s nepatrně vyšší konstantou úměrnosti:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



$$T = 0,164 \cdot \frac{V}{\alpha_m \cdot S} \quad (4.35)$$

Rovnice (4.36) pozbývá platnosti pro dokonale pohltivé materiály ($\alpha_m = 1$), kdy doba dozvuku by se měla rovnat nule, ale ve skutečnosti je nenulová. Tato problematika byla řešena Eyringem, který nepovažoval procesy změny akustické energie za plynulé, ale předpokládal úbytek zvukové energie po skocích při každém odrazu zvukové vlny od stěn. Potom podle Eyringa je doba dozvuku dána vztahem:

$$T = 0,164 \cdot \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_m)} \quad (4.36)$$

Určitého zpřesnění výpočtu doby dozvuku je dosaženo Knudsenem, který uvažuje ve svých výpočtech vliv pohlcování zvuku ve vzduchu. Potom doba dozvuku při uvažování absorpce zvuku ve vzduchu má tvar:

$$T = 0,164 \cdot \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_m) + 4m \cdot V} \quad (4.37)$$

kde m [dB] je dekrement útlumu, jehož velikost závisí na relativní vlhkosti vzduchu a kmítočtu.

Dalšího zdokonalení stanovení doby dozvuku je dosaženo Millingtonem, který vychází ze skutečnosti, že absorpce zvuku není rovnoměrně rozložena po celém povrchu místnosti. Doba dozvuku se stanoví na základě znalosti činitelů pohltivosti zvuku α_i jednotlivých ploch S_i podle vztahu:

$$T = 0,164 \cdot \frac{V}{-\sum_{i=1}^n S_i \cdot \ln(1 - \alpha_i) + 4m \cdot V} \quad (4.38)$$

4.6 Testové otázky ke kapitole 4

1. Zakreslete energetickou bilanci při dopadu zvukové vlny na nějakou překážku. Popište tuto energetickou bilanci z hlediska šíření zvuku a vysvětlete významy jednotlivých složek.
2. Jaké znáte zvukové činitele? Napište jejich definiční rovnice a významy veličin. Dále uveďte vzájemné vztahy mezi jednotlivými činiteli.
3. Jakého rozsahu hodnot může dosahovat činitel zvukové pohltivosti? Při jaké hodnotě činitele zvukové pohltivosti se jedná o dokonale pohltivý materiál? A při jaké hodnotě činitele zvukové pohltivosti se veškerá akustická energie odrazí zpět od daného povrchu? Na jakých faktorech kromě daného typu materiálu závisí hodnota činitele zvukové pohltivosti?
4. Definujte pojmy vzduchová a kročejová neprůzvučnost. U vzduchové neprůzvučnosti napište její definiční vztah včetně významu veličin a jejich jednotek.
5. Šíření hluku ve volném prostoru – proč se zavádí tzv. činitel směrovosti? Napište jeho definiční rovnici včetně významu veličin a jednotek. Dále napište vztahy pro stanovení hladiny akustického tlaku při šíření zvuku ve volném prostoru:
 - a) v určité vzdálenosti r od zdroje hluku při známé hladině akustického výkonu,
 - b) v určité vzdálenosti r od zdroje hluku při známé hladině akustického tlaku v určitém místě od zdroje hluku.
6. Šíření zvuku v reálné atmosféře – definujte veličinu přídatný útlum (rovnice a význam všech veličin). Jaký vliv má přídatný útlum na hladinu akustického tlaku v určitém místě v reálné atmosféře? Napište vztah pro hladinu akustického tlaku se zahrnutím přídatného útlumu s významem všech veličin.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



7. Šíření zvuku v uzavřeném prostoru – Jaké dva druhy polí se vyskytují při šíření zvuku v uzavřeném prostoru? Napište definiční rovnice pro veličiny střední hodnota činitele pohltivosti a konstanta místnosti. Dále napište vztah pro výpočet hladiny akustického tlaku v poli odražených vln. U všech vztahů uveďte význam veličin a jednotky.
8. Celková hladina akustického tlaku v uzavřeném prostoru – napište vztah pro výpočet celkové hladiny akustického tlaku v uzavřeném prostoru s významem veličin. Dále uveďte vztah pro výpočet rozhraní pole přímým a odražených zvukových vln. Na základě tohoto vztahu rozhodněte, pro jaká případy vzdáleností od zdroje zvuku převažuje pole přímých, resp. odražených, zvukových vln.
9. Co je to doba dozvuku? Definiujte tuto veličinu. Odvoďte teoretický vztah pro výpočet doby dozvuku a uveďte význam všech veličin.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ