Geometrická akustika

Vedle zajištění difuzity akustického pole je třeba se při návrhu prostor vyrovnat s nerovnoměrným příjmem zvukového signálu posluchači v důsledku jejich rozdílné vzdálenosti od zdroje zvuku. U velkých sálů je nutné zvukový signál směřující do zadních řad hlediště zesílit. To lze provést dvojím způsobem:

1. elektroakusticky pomocí mikrofonu a reproduktorové soustavy;
2. vhodným uspořádáním odrazných ploch umístěných většinou na stropu sálu tak, aby odraz zvuku byl směrován převážně do vzdálených míst hlediště.

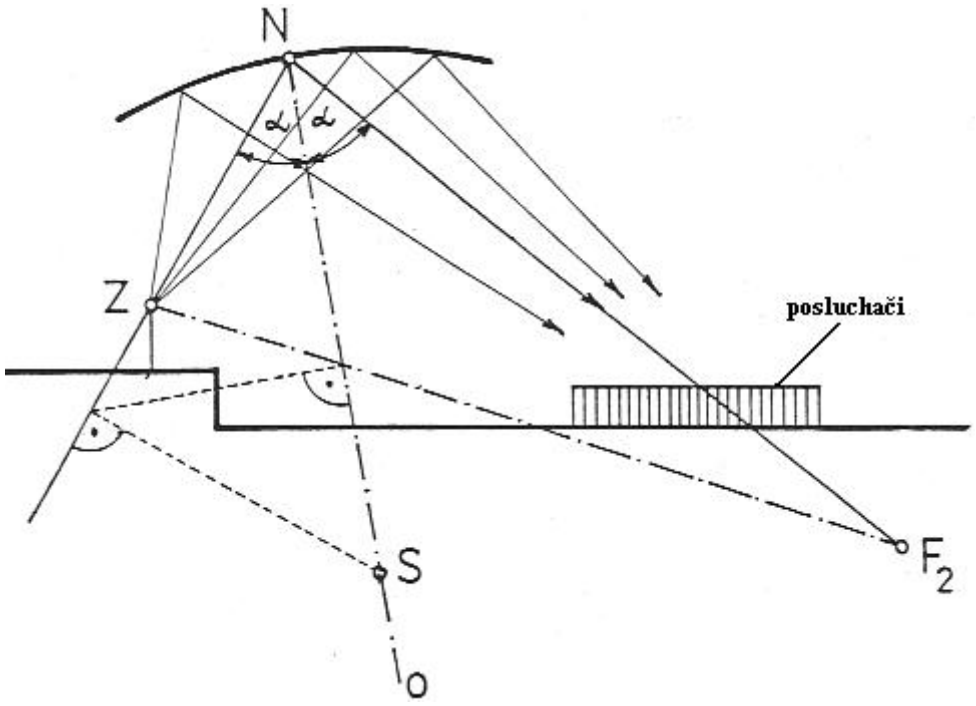
Odražený zvuk musí ve srovnání s přímo šířeným zvukem urazit na své cestě k posluchači delší dráhu a dospěje tam tak s určitým časovým zpožděním. Je-li zpoždění malé, lidský ucho je schopno vnímat oba signály jako jeden zvuk. Při větších časových rozdílech je mluvené slovo nesrozumitelné (směšování hlásek) a vzniká ozvěna (viz tab. 4).

Dráhový rozdíl	**Časové zpoždění**	**Vliv na srozumitelnost**
méně než 10 m	méně než 0,03 s	zesílení zvuku (vnímáno jako jeden zvuk
10 m - 17 m	0,03 s - 0,05 s	směšování hlásek
17 m - 34 m	0,05 s - 0,1 s	ozvěna
více než 34 m	více než 0,1 s	jednoslabičná ozvěna

tab. 4

Odrazy od velmi vzdálených ploch (v případě, že dráha odraženého zvuku je více než třikrát delší než dráha zvuku přímého) již nejsou pro srozumitelnost nebezpečné. Odražený zvuk totiž urazí delší dráhu a s rostoucí vzdáleností, kterou zvuk urazí, klesá intenzita zvuku a tedy i hlasitost zvuku (hladina intenzity zvuku). Obdobného účinku se dosahuje provedením akustických úprav prostoru (obložením nežádoucí odrazné plochy zvuk pohlcujícím materiálem, změnou tvaru této plochy tak, aby odraz byl rozptylný nebo směřoval do jiného místa, ...).

Jsou-li odrazné plochy větší než vlnová délka zvukového vlnění lze při popisu šíření zvuku aplikovat zákony geometrické optiky: představu šířících se vlnoploch nahradit představou zvukového paprsku, který vychází ze zdroje zvuku a šíří se přímočaře ve směru kolmém na kulové vlnoplochy. V případě dopadu zvukového paprsku na odraznou plochu se řídí zákonem odrazu stejně jako paprsek světelný.

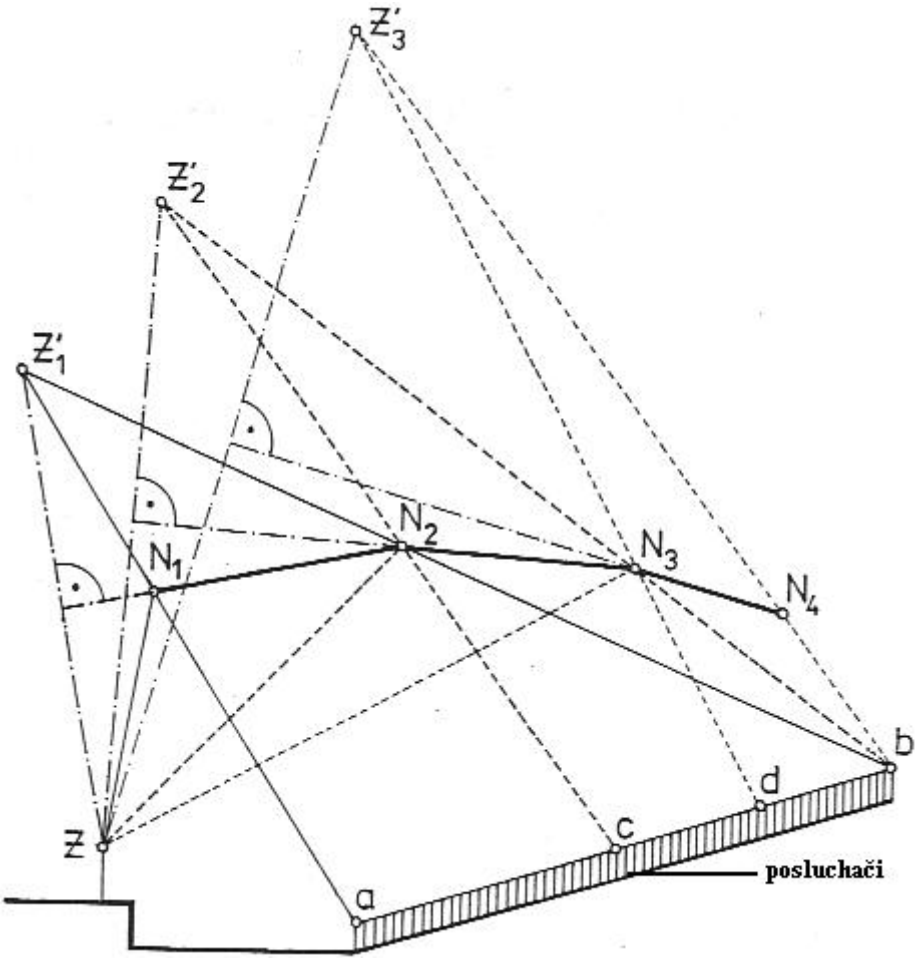


Obr. 71

K posílení signálu ve vzdálené části místnosti lze využít rovinných nebo zakřivených ploch umístěných zpravidla na stropě sálu. Na obr. 71 je naznačena konstrukce odrazné plochy ve tvaru eliptického válce. Jedno ohnisko elipsy je totožné se zdrojem zvuku *Z* a druhé ohnisko F_2 je v prostoru pod podlahou za místem v místnosti, ve kterém je nutné zvuk zesílit. Elipsu lze v okolí daného bodu (bod *N*) přibližně nahradit kružnicí. Kromě ohnisek je nutno zvolit střed odrazné eliptické plochy (bod *N*). Osa *o* půlí úhel ZNF_2. Polohu středu *S* oskulační kružnice na této ose pak získáme pomocí konstrukce patrné z obr. 71. Analogickým způsobem lze využít plochy parabolické, hyperbolické a rovinné.

Oskulační kružnice je kružnice, která se v daném bodě nejlépe přimyká k dané křivce. To znamená, že tuto křivku lze oskulační kružnicí v daném bodě nahradit. Parametry této kružnice (poloměr a střed) jsou určeny tak, aby odchylka oskulační kružnice od zadané křivky v okolí daného bodu byla co nejmenší. Pak lze snáze řešit různé úlohy, neboť řešit úlohy s kružnicí je výrazně jednodušší, než řešit tytéž úlohy s obecnou křivkou.

Často se strop místnosti navrhuje jako kombinace několika odrazných ploch. Na obr. 72 je naznačena konstrukce ploch rovinných. Známe polohu zdroje zvuku *Z*, polohu bodu N_1, ze kterého má plocha vycházet, a chceme, aby zvuk odražený od této plochy směřoval do celého hlediště (tj. mezi body *a* a *b*). Konstrukce hledané části rovinné plochy N_1N_2 je provedena pomocí fiktivního zdroje Z_1'. Bod N_2 může být východiskem konstrukce další odrazné plochy N_2N_3, která ale už bude odrážet zvuk jen do vzdálenější části hlediště mezi body *c* a *b*. Konstrukce se opět provede pomocí fiktivního zdroje, tentokráte pomocí zdroje Z_2'. V konstrukci je možné dále pokračovat, až by byl pomocí částí rovinných ploch vyskládán celý strop sálu. Stěna protilehlá k jevišti bývá nejčastěji zdrojem nežádoucí ozvěny, proto je třeba ji opatřit širokopásmovým zvuk pohlcujícím obkladem. Stejně tak je vhodné obložit i boční stěny, zejména v zadní části hlediště, nebo členit plochu těchto stěn tak, aby odraz byl difúzní. Množství pohyblivých obkladů v sále je však nutno regulovat podle pravidel statistické akustiky, která se zabývá pohlcováním zvuku, dozvukem, ...



Obr. 72

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.