

THE INFLUENCE OF ADDITIONAL ABSORPTION ON THE ACOUSTICAL INDICATORS OF A HALL

V. Stauskis

To cite this article: V. Stauskis (1998) THE INFLUENCE OF ADDITIONAL ABSORPTION ON THE ACOUSTICAL INDICATORS OF A HALL, *Statyba*, 4:1, 86-90, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531384](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531384)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531384>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 28

PAPILDOMOS ABSORBCIJOS ĮTAKA SALĖS MODELIO AKUSTINIAMS RODIKLIAMS

V. Stauskis

1. Įvadas

Skaičiuojant salių akustiką visada susiduriama su papildomos garso absorbcijos problema. Į šią sąvoką įeina garso absorbcija, kurią sąlygoja įvairūs plyšiai. Jie būna kabamosiose salės lubose, ventiliacijos angose, plyšiai tarp durų staktų, grindjuosčių ir kt. Tokie plyšiai gali absorbuoti gana daug garso energijos. Realioje salėse papildoma garso absorbcija yra įvertinama koeficientais, kurie naudojami skaičiuojant salės reverberacijos laiką. Šie koeficientai yra skirtingi įvairiems dažniams - didesni esant žemiems dažniams ir mažesni esant aukštesniems. Taip yra realioje salėse.

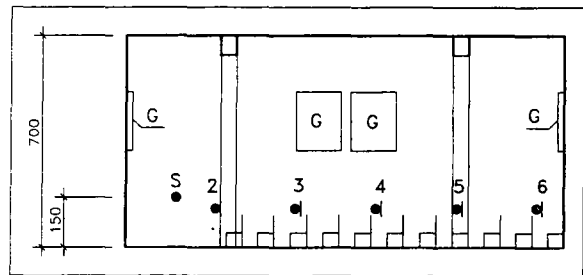
Tiriant salių akustiką jos modelyje kyla klausimas, kaip įvertinti papildomą garso absorbciją. Salių akustikos modeliavimas pasaulinėje praktikoje yra paplitęs, tačiau niekur nebuvo ištirta papildomos absorbcijos įtaka salės akustiniams rodikliams.

Šio darbo tikslas - salės modelyje eksperimentiškai nustatyti plyšių tarp sienų ir grindų, bei plyšių lubose įtaką nefiltruoto signalo energijos slopimui, salės reverberacijos laiko dažninei charakteristikai, kada slopimas aproksimuojamas skirtingais lygio intervalais, ir tokių plyšių absorbuojamą garso energiją.

2. Tyrimų objektas

Tyrimams pasirinktas Lietuvos nacionalinės filharmonijos mažosios koncertų salės modelis. Jos pjūvis pavaizduotas 1 paveiksle. Salė yra paprastos stačiakampio formos ir jos modelį padaryti lengviausia.

Modelis atliktas masteliu 1:25. Modelio grindys ir lubos pagamintos iš tekstolito, o visos sienos - iš 8 mm storio faneros, kuri buvo lakuojama tris kartus. Taigi modelio medžiagos savo garso absorbcijos savybėmis yra artimos realios salės medžiagoms. Tai yra svarbu tiriant realios salės ir jos modelio akustinių rodiklių panašumą.



1 pav. Tiriamos salės modelio išilginis pjūvis su tyrimo taškų išdėstymu. S - garso šaltinis

Fig 1. The longitudinal section of the hall under investigation with the allocation of measurement points. S - sound source

Tarp modelio grindų ir sienų buvo 1-3 mm pločio plyšiai. Jų suminis ilgis perskaičiuavus natūra buvo apie 10-12 m.

3. Tyrimų metodika

Tyrimams salės modelyje buvo panaudotas kibirkštinis garso šaltinis, kuris išspinduliavo reikiamo spektro signalus. Modelio šaltinis buvo iškišamas pro skylę grindyse tam, kad pagerėtų spinduliavimo kryptingumo diagrama. Šaltinio ir 1/4' mikrofono padėtys visais tyrimo atvejais buvo taške Nr. 3. Signalas iš mikrofono buvo perduodamas į stiprintuvą, iš jo į specialiai pagamintą analoginį kodo keitiklį ir įrašomas į kompiuterio atmintį. Signalas gali būti įrašytas per kelis skirtingus buferius, kurie leido keisti signalo įrašymo trukmę. Esant modelio masteliui 1:25 tiriamų dažnių diapazonas siekė nuo 1250 iki 50 000 Hz. Signalo diskreditavimo dažnis buvo 166,6 kHz, o diskreditavimo laikas 6 mks. Grafiškuose visi dažniai buvo perskaičiuoti į natūrinius. Viršutinė dažnių riba modelyje buvo apribota 2000 Hz tam, kad Naikvisto dažnis būtų didesnis už 3.

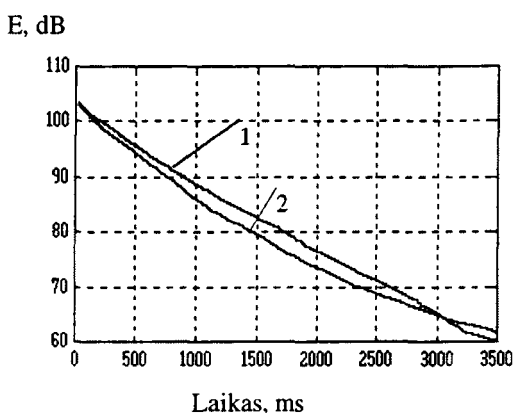
Modeliui su plyšiais ir be plyšių lyginsime nefiltruoto signalo reverberacijos laiko reikšmes, ir

aprosimuojant garso lauko slopimą nuo 0 iki - 10, - 20, - 30, - 35 ir nuo - 5 iki - 35, nuo -15 iki -25, nuo - 20 iki -30 ir nuo -25 iki -35 dB, reverberacijos laiko dažnines priklausomybes, bendrąją garso absorbciją ir subjektyvius rodiklius, kai plyšiai yra ir kai jų nėra.

4. Tyrimų rezultatai

4.1. Nefiltruotas signalas

Modelio plyšių įtaka nefiltruoto signalo garso energijos slopimui pavaizduota 2 paveiksle.



2 pav. Garso energijos slopimas salės modelyje. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais

Fig 2. The decrease of the sound energy in the hall model. 1 - without slits; 2 - with slits

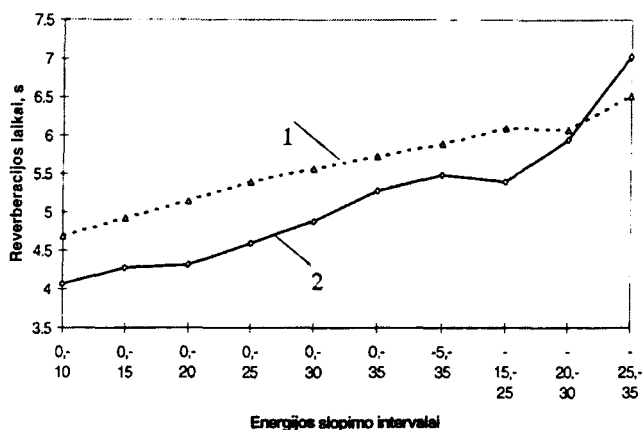
Tyrimai rodo, kad plyšiai modelyje pakeičia energijos slopimą pradėdant nuo 200 ms. Esant plyšiams garso laukas slopsta greičiau, ir didžiausias skirtumas 2-3 dB yra laiko intervale 1000 - 2500 ms. Žinant, kad plyšių matmenys ir bendras jų ilgis yra nedideli, garso lauko slopimo pokytis 2-3 dB yra gan ženklus.

Modelio garso lauko slopimas nėra eksponentinis. Jo slopimas yra skirtingas įvairiais laiko intervalais. Tada nefiltruoto signalo reverberacijos laikai aproksimuoti skirtingais lauko slopimo intervalais turėtų būti taip pat skirtingi. 3 paveiksle pavaizduoti reverberacijos laikai, aproksimuojant garso lauko slopimą skirtingais lygio intervalais.

Grafikas rodo, kad plyšių įtaka yra akivaizdi. Reverberacijos laiko reikšmės esant plyšiams sumažėja 0,4 - 0,8 s visu intervalu, aproksimuojant slopimą kas 10 dB, pradėdant nuo 0 iki - 30 dB ir nuo -5 iki -35 dB. Tai reiškia, kad plyšiai absorbuoja garso energiją visais garso lauko slopimo intervalais.

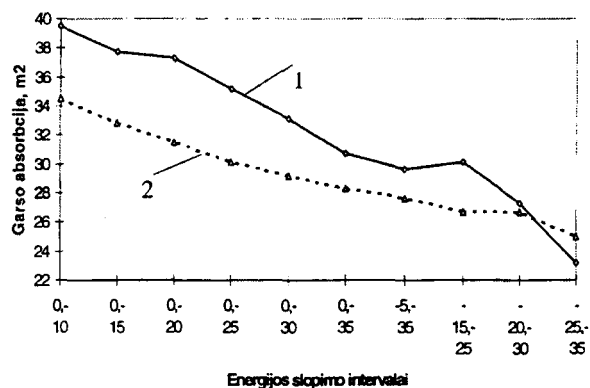
Iš nefiltruoto signalo reverberacijos laiko reikšmių buvo apskaičiuota, kiek plyšiai absorbuoja garso

energijos, kai garso lauko slopimas aproksimuojamas kas 10 dB. Rezultatai pateikiami 4 paveiksle.



3 pav. Nefiltruoto signalo reverberacijos laikų priklausomumas nuo plyšių, aproksimuojant garso slopimą skirtingais lygio intervalais. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais

Fig 3. The dependence of the reverberation times of a non-filtered signal with the approximation of the sound decrease at different level intervals. 1 - without slits; 2 - with slits



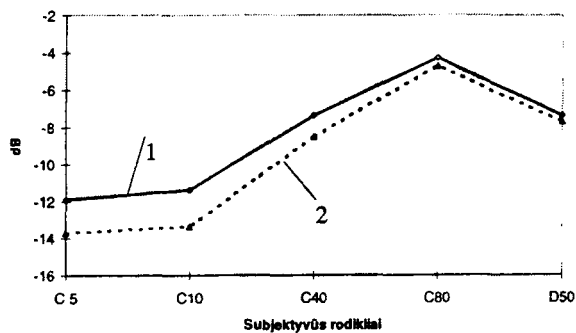
4 pav. Nefiltruoto signalo garso absorbcijos priklausomumas nuo plyšių, aproksimuojant reverberacijos laikus skirtingais slopimo intervalais. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais

Fig 4. The dependence of the sound absorption of a non-filtered signal with the approximation of the sound decrease at different decrease intervals. 1 - without slits; 2 - with slits

Grafikas rodo, kad didžiausia garso absorbcija yra tada, kai garso lauko slopimas aproksimuojamas kas 10 dB nuo 0 iki - 30 dB ir siekia net 3 - 6 m². Aproksimuojant kitais lauko slopimo intervalais plyšių įtaka mažėja.

Įdomu taip pat žinoti, ar plyšiai modelyje keičia garso atspindžių intensyvumą. Jeigu taip, tai subjektyvūs rodikliai modelio su plyšiais ir be jų turi skirtis, o jeigu plyšiai nekeičia atspindžių struktūros, tai šie rodikliai turi būti vienodi. 5 paveiksle pavaizduota plyšių įtaka subjektyviems akustiniams rodikliams – tiesiogiai

nio garso indeksui C5, ankstyvosios ir vėlyvosios energijų indeksams, priimant ankstyvąją energiją skirtingu laiko intervalu.

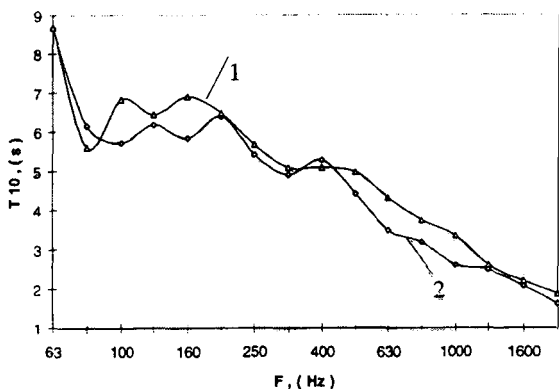


5 pav. Modelio subjektyviųjų rodiklių priklausomumas nuo plyšių. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais
Fig 5. The dependence of subjective indicators of the model on slits. 1 - without slits; 2 - with slits

Grafikas rodo, kad plyšiai turi įtakos ir subjektyviems akustinėms rodikliams, kurie skiriasi nuo 1 iki 2 dB. Tai rodo, kad plyšiai keičia atspindžių intensyvumą įvairiais laiko intervalais.

4.2. Filtruotas signalas

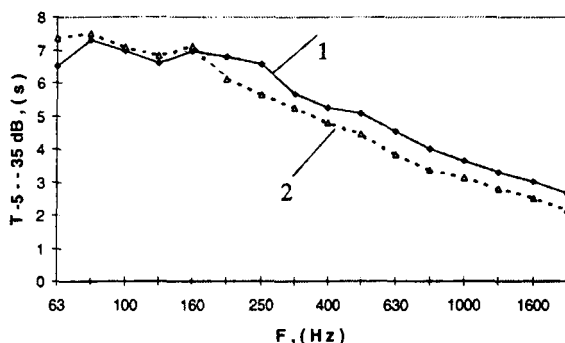
Aukščiau buvo pateikti nefiltruoto signalo įvairių parametrų tyrimų rezultatai. Tačiau reikia žinoti, kokią įtaką plyšiai turės filtruotiems signalams, t.y. kokia bus jų dažninė priklausomybė. Plyšių įtaka ankstyvojo reverberacijos laiko dažninei priklausomybei pateikiama 6 paveiksle.



6 pav. Plyšių įtaka ankstyvojo reverberacijos laiko dažninei charakteristikai, kai slopinimas aproksimuotas nuo 0 iki -10 dB. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais
Fig 6. The effect of the slits upon the frequency characteristics of the early reverberation time when the decrease has been approximated from 0 to -10 dB. 1 - without slits; 2 - with slits

Plyšių įtaka ankstyvajam reverberacijos laikui pasireiškia esant žemiems ir aukštiems dažniams. Didžiausias skirtumas yra, kai 100 ir 160 Hz ir siekia apie 0,8 s. Dažnių diapazonu nuo 500 iki 1000 Hz skirtumas yra mažesnis ir siekia apie 0,5 s. Diapazonu nuo 200 iki 400 Hz plyšių įtaka ankstyvajam reverberacijos laikui yra visai nedidelė.

7 paveiksle pavaizduota plyšių įtaka standartinio reverberacijos laiko dažninei charakteristikai.

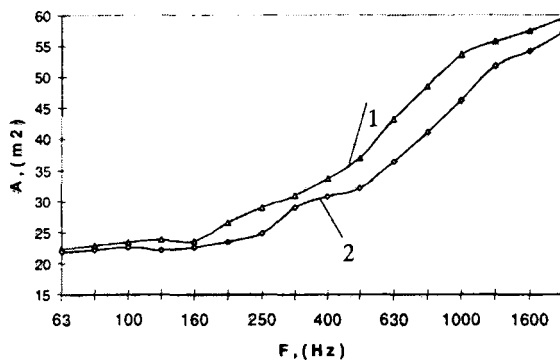


7 pav. Plyšių įtaka standartinio reverberacijos laiko dažninei charakteristikai, kada garso lauko slopinimas aproksimuotas nuo -5 iki -35 dB. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais

Fig 7. The effect of the slits upon the frequency characteristics of the standard reverberation time when the decrease has been approximated from -5 to -35 dB. 1 - without slits; 2 - with slits

Šiuo atveju, lyginant su ankstyvuoju reverberacijos laiku, plyšių įtaka yra maža - iki 160 Hz. Nuo 200 Hz iki 2000 Hz plyšiai standartinį reverberacijos laiką sumažina apie 0,4 - 0,6 s.

Iš reverberacijos laiko reikšmių buvo apskaičiuota plyšių įtaka garso absorbcijos koeficientams ir garso absorbcijai. Rezultatai pateikiami 8 paveiksle.

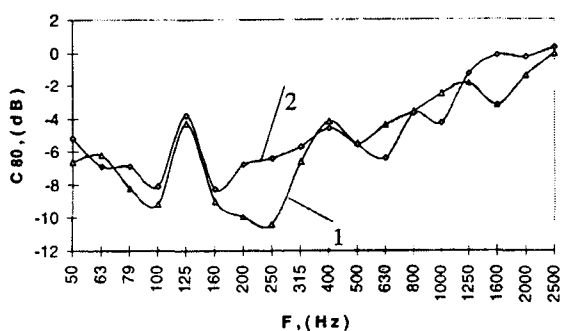


8 pav. Plyšių įtaka modelio garso absorbcijos dažninei charakteristikai. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais
Fig 8. The effect of the slits upon the frequency characteristics of the sound absorption in the model. 1 - without slits; 2 - with slits

Plyšiai garsą absorbuoja mažiausiai esant žemiems dažniams - apie 1 m². Dažnių diapazonu 200 - 500 Hz absorbcija siekia 3-4 m², o dažnių, didesnių kaip 630 Hz - 2 - 7 m².

Garso banga, sutikusi savo sklidimo kelyje plyšį, iš dalies nuo jo atsispindi, o iš dalies pro jį praeina. Už plyšio plokščia garso banga transformuojasi į cilindrinę bangą. Cilindrinės bangos impedansas pagal savo reikšmę yra artimesnis plokščios bangos impedansui. Todėl esant plyšiui bus mažesnis bangos atspindys, o praėjusi pro plyšį energija bus didesnė, negu, pvz., esant skylei.

9 paveiksle pateikiama plyšių įtaka muzikos skambėjimo aiškumo indeksui.



9 pav. Plyšių įtaka modelio muzikos skambėjimo aiškumo indekso dažninei charakteristikai. 1 - be plyšių; 2 - su plyšiais

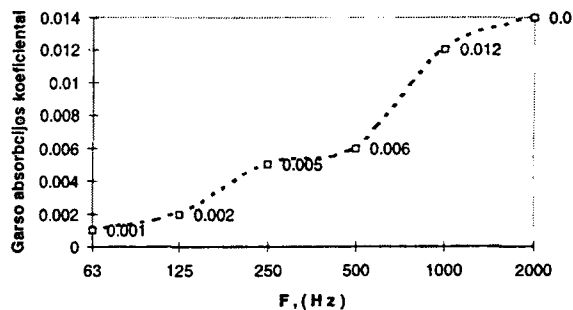
Fig 9. The effect of the slits upon the frequency characteristics of the clarity index of music sounding in the model. 1 - without slits; 2 - with slits

Plyšiai muzikos skambėjimo aiškumo indeksą esant žemiems dažniams iki 100 Hz jį padidina apie 0,5 dB. Nuo 200 Hz plyšiai padidina aiškumo indeksą esant atskiriems dažniams nuo 2 iki 4 dB. Šie rezultatai rodo, kad plyšiai modelyje keičia ankstyvųjų garso atspindžių intensyvumą.

Apibendrinami tyrimus, galime nustatyti garso absorbcijos koeficientus oktavose. Pagal juos galime sužinoti plyšių garso absorbciją. Rezultatai pateikiami 10 paveiksle.

Plyšių absorbcijos koeficientai didėja augant dažniui. Tai reiškia, kad plyšiai daugiau garso energijos absorbuoja esant vidutiniams ir aukštiems dažniams.

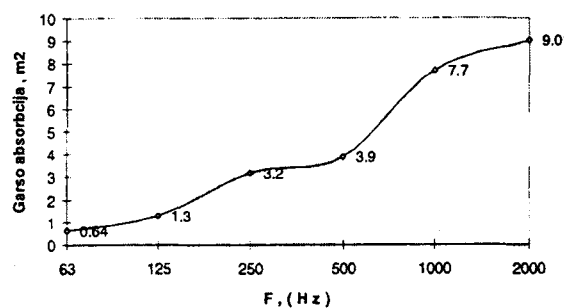
Absoliučios plyšių garso absorbcijos reikšmės pateikiamos 11 paveiksle.



10 pav. Modelio plyšių garso absorbcijos koeficientai oktavinėse dažnių juostose

Fig 10. The sound absorption coefficients of the slits of the model in octave frequency bands

Grafikas rodo, kad pradėdamas 250 Hz plyšių garso absorbcija siekia nuo 3,2 iki 9 m². Tokia plyšių absorbcija jau yra ženkli ir atliekant tyrimus salės modelyje į plyšių veiksnį reikia atsižvelgti.



11 pav. Modelio plyšių garso absorbcija oktavinėse dažnių juostose

Fig 11. The sound absorption of the slits of the model in octave frequency bands

5. Išvados

1. Plyšiai tarp salės modelio sienų ir grindų esant žemiems dažniams absorbuoja - 0,6 - 1,3 m², o esant vidutiniams ir aukštiems dažniams - 3,2 - 9,0 m².
2. Plyšiai modelyje nefiltruoto signalo energijos slopinimą padidina 1 - 3 dB.
3. Plyšiai sumažina nefiltruoto signalo reverberacijos laiką 0,4 - 0,8 s aproksimuojant garso lauko slopinimą kas 10 dB, nuo 0 iki - 35 dB.
4. Plyšiai sumažina standartinę reverberacijos laiką 0,4 - 0,6 s visu dažnių diapazonu.

[teikta 1997 12 22

THE INFLUENCE OF ADDITIONAL ABSORPTION ON THE ACOUSTICAL INDICATORS OF A HALL

V. Stauskis

Summary

The influence of the slits between the walls and the floor of the model upon the objective acoustical indicators was examined in a scaled model of a hall. The Small Hall of the Lithuanian National Philharmonic Society was selected for the investigations. The hall is of rectangular form, 13.6 m in length, 10.7 m in width and 7 m in height.

The hall model was scaled 1:25. The floor and the ceiling of the model were made of cloth-based laminate, while the walls of plywood 8 mm thick, with three layers of varnish. Thus, all materials employed in the model were similar to those of the real hall by their sound-absorption properties. There were 1 to 3 mm slits between the floor and the walls of the model. Their overall length was about 10-12 m (converted to real values).

A spark sound source was used for the radiation of signals within the required spectrum. The sound source was put through a hole in the floor in order to improve the directivity diagram of the radiation. The positions of both the source and the $\frac{1}{4}$ microphone coincided in all cases. The frequencies examined fell in the range between 1250 Hz and 50000 Hz. The frequency of quantization of the signal was 166.6 kHz and the quantization time was 6 mcs. All frequencies were converted into real ones in the diagrams. A 2000 Hz upper limit was established to ensure that the Nyquist frequency exceeds 3.

The experiments showed that the slits in the model influenced the muffling of the sound energy starting from 200 ms. With the slits present, the muffling occurs faster and the greatest difference of 2-3 dB is observed in the interval of 1000 - 2500 ms. Given small slit dimensions and overall slit length, the change of 2-3 dB is quite significant.

The muffling of the sound field of the model is not exponent in character. The muffling varies on differently in different time intervals. Then the reverberation times of a non-filtered signal must be different when the muffling is approximated every 10 dB.

The investigation showed that, with the slits present, the reverberation time values were reduced by 0.4-0.8 s throughout the interval when the muffling was approximated every 10 dB, starting from 0 to - 30 dB and from - 5 to - 35 dB. This means that the slits absorb the sound energy on all intervals of the muffling of the sound field. The largest

sound absorption is reached when the muffling of the sound field is approximated every 10 dB from 0 to - 30 dB and amounts to as much as 3-6 m². The influence of the slits is weaker when the muffling is approximated on other intervals.

The slits also produce effect upon subjective acoustical indicators of a non-filtered signal, which vary between 1 to 2 dB. This shows that the intensity of reflections is changed in various time intervals by the slits.

The influence exerted by the slits over the early reverberation time manifests itself both at the low and high frequencies. The greatest difference of about 0.8 s is observed at 100 Hz and 160 Hz. Within the frequency range from 500 Hz to 1000 Hz, the difference is not so marked and amounts to about 0.5 s. Within the range from 200 Hz to 400 Hz, the early reverberation time is only slightly influenced by the slits.

The effect produced by the slits on the standard reverberation time, as compared with the early reverberation time, is not significant up to 160 Hz, while in the frequency range of 200 - 2,000 Hz the standard reverberation time is cut by about 0.4-0.6 s.

The smallest sound absorption brought about by the slits is observed at low frequencies (around 1 m²). In the frequency range of 200 - 500 Hz, the sound absorption amounts to 3-4 m², and at the frequencies exceeding 630 Hz to 2-7 m².

At low frequencies, the music sound clarity index is increased by the slits by about 0.5 dB. From 200 Hz and on, the clarity index is increased by 2 to 4 dB. These results show that the slits in the model alter the intensity of the early sound reflections.

Beginning with 250 Hz, the sound absorption amounts to 3.2-9.0 m². Such absorption is already significant, therefore the slit factor must be taken into consideration while conducting investigations in the hall model.

Vytautas STAUSKIS. Doctor Habil, Associate Professor. Dept of Building Structures. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

Doctor, 1974. From 1974 at VTU Dept of Building Structures as assistant, MSc. Scientific visits: Moscow Civil Engineering Institute, Sankt Petersburg Polytechnic Institute. Dr Habil, 1997. Research interests: experimental testing of halls by primary hall models and on site, computer simulation of theoretic tasks, wave diffraction and reflections, direct sound and subjective acoustic indicators, large-dimension resonance structures, early attenuation of acoustic field and its relation to hall acoustics.