

# THE FEATURES OF CINEMA HALL ACOUSTICS UPON INSTALLATION OF THE DOLBY SOUND RECORDING SYSTEM

V. J. Stauskis

To cite this article: V. J. Stauskis (1999) THE FEATURES OF CINEMA HALL ACOUSTICS UPON INSTALLATION OF THE DOLBY SOUND RECORDING SYSTEM, *Statyba*, 5:5, 312-317, DOI: [10.1080/13921525.1999.10531481](https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531481)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531481>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 81

---

## KINO TEATRO AKUSTIKOS YPATUMAI, ĮRENGUS „DOLBY“ ĮGARSINIMO SISTEMĄ

V. J. Stauskis

## 1. Įvadas

Daugelį dešimtmečių kino teatruose buvo naudojama paprasta įgarsinimo sistema, kai garsiakalbiai buvo išdėstomi tik už ekrano. Tokios salės akustikai specifiniai reikalavimai nebuvo keliami. Salėje buvo stengiamasi išgauti reikiamą aidėjimo trukmę, o garso lauko difuziškumui, ankstyvųjų garso atspindžių struktūrai ir oro tūrio rezonansams dėmesio beveik nebuvo skiriama. Laikyta, kad pakankamą kalbos aiškumą ir muzikos skambėjimo kokybę užtikrins garsiakalbiai ir salės akustika tokiuose kino teatruose nėra svarbiausia.

Pastaraisiais metais padėtis pasikeitė. Skaitmeninė garso atkūrimo technika leido salėse išgauti erdvinį garsą. Tokią sistemą sukūrė „Dolby“ laboratorija ir ji vadinasi „Dolby Digital Surround“. Įrengus tokią sistemą klausytoją visose salės vietose supa erdvinis garsas. Jį suformuoja garso kolonėlės, išdėstytos šoninėse ir galinėse sienose. Sistemos sudedamoji dalis yra ir garso kolonėlės, esančios už ekrano.

Visiškai kiti reikalavimai keliami ir salės akustikai. „Dolby“ laboratorijos suformuluoti reikalavimai iš esmės skiriasi nuo anksčiau buvusių. Pirmiausia aidėjimo trukmės priklausomai nuo tūrio turi būti gerokai mažesnės, turi būti nuslopinti intensyvūs ankstyvieji atspindžiai ir panaikinti oro tūrio rezonansai. Laikoma, kad tik tuomet gerai gali dirbti elektroninė sistema, kuriai taip pat yra keliami tam tikri reikalavimai.

Įrengus naująją sistemą kino teatruose, paaiškėjo, kad visose salės vietose yra pernelyg didelis garso lygis, ypač kai garsiai kalbama ir grojama. Būna, kad per didelis garsas net erzina klausytoją.

Šio straipsnio tikslas – ištirti kino teatro salės akustiką iki „Dolby“ sistemos įrengimo ir po jos įrengimo, subjektyviai įvertinti salės akustikos santykį su įgarsinimo sistemos darbu.

## 2. Faktoriai, lemiantys kino teatro salės garso lauką

Garso laukas uždaroje patalpoje susideda iš tiesioginio garso, ankstyvųjų atspindžių ir difuzinio garso lauko. Muzikinės paskirties salės akustikai difuzinis garso laukas turi didelę reikšmę. Jis užima didelį laiko intervalą ir yra labai svarbus suvokiant muzikos skambėjimą. Tačiau kino teatre, kuriame įrengta „Dolby“ įgarsinimo sistema, difuzinis garso laukas jau yra nenaudingas ir jo trukmę reikia labai sumažinti ir nuslopinti. Difuziniame garso lauke dažnai pasitaiko pavieniai intensyvūs atspindžiai, kuriuos sukuria oro tūrio rezonansai. Tokie atspindžiai yra nenaudingi tiek muzikinėje, tiek kino teatro salėje. Tas pats yra ir su ankstyvaisiais atspindžiais. Muzikinėje salėje jie labai svarbūs suvokiant garso kokybę ir yra naudingi [1]. Tuo tarpu kino teatre šiuos intensyvius atspindžius jau reikia slopinti.

Garso laukas patalpoje gali būti aprašomas tokia formule:

$$\varepsilon = \varepsilon_t + \varepsilon_a + \varepsilon_{df}, \quad (1)$$

$\varepsilon$  – bendras garso energijos tankis;  $\varepsilon_t$  – tiesioginio garso energijos tankis;  $\varepsilon_a$  – ankstyvųjų garso atspindžių energijos tankis;  $\varepsilon_{df}$  – difuzinio garso lauko energijos tankis.

Tiesioginio garso energijos tankis gali būti randamas pagal tokią formulę:

$$\varepsilon_t = P_a \Omega \phi_s^2 / 4\pi r^2 \rho c, \quad (2)$$

$P_a$  – garso šaltinio galia;  $\Omega$  – garso šaltinio ašinės koncentracijos koeficientas;  $\phi_s$  – garso šaltinio kryptingumo koeficientas tarp jo akustinės ašies ir krypties į nagrinėjamą tašką;  $r$  – atstumas tarp garso šaltinio ir klausytojo, m;  $c$  – garso greitis ore, m/s.

Kelių  $n$  pirmųjų atspindžių energijos tankis randamas pagal formulę:

$$\varepsilon_a = \frac{P_a \Omega}{4\pi c} \sum_{i=1}^n \frac{\phi_i^2 \beta_i}{(r'_i + r_j)^2 r'_j}, \quad (3)$$

$\phi_i$  – garso šaltinio kryptingumo koeficientas tarp jo akustinės ašies ir vektoriaus  $r_i$ ;  $\beta_i$  – atspindžio koeficientas nuo  $i$ -tos plokštumos;  $r_i'$  – atstumas nuo garso šaltinio iki  $i$ -tos atspindinčios plokštumos;  $r_j'$  – atstumas nuo  $i$ -tos plokštumos iki klausytojo.

Difuzinio garso lauko energijos tankis randamas pagal formulę:

$$\varepsilon_{df} = \frac{4P_a \bar{p}^2}{cS(1-\bar{\beta})}, \quad (4)$$

$\bar{\beta}$  – vidutinis atspindžio koeficientas;  $S_n$  – atitvarinių konstrukcijų plotas.

Garsą sugeriančiomis medžiagomis galima nuslopinti ankstyvuosius atspindžius ir aidintį garsą. Formulės pirmasis narys rodo, kad tiesioginio garso galią mes galime reguliuoti tik šaltinyje. Jo intensyvumas mažėja atvirkščiai proporcingai atstumo iki šaltinio kvadratui ir salės akustika jo galiai įtakos neturi. Formulės antrasis narys rodo, kad pirmiesiems atspindžiams slopinti daugiausia įtakos turi garso kelio ilgis iki atspindinčios plokštumos ir nuo jos iki klausytojo ir tos plokštumos atspindžio koeficientas. Formulės trečiasis narys rodo, kad slopinant difuzinius atspindžius papildomos įtakos turi salės vidaus paviršių bendras plotas.

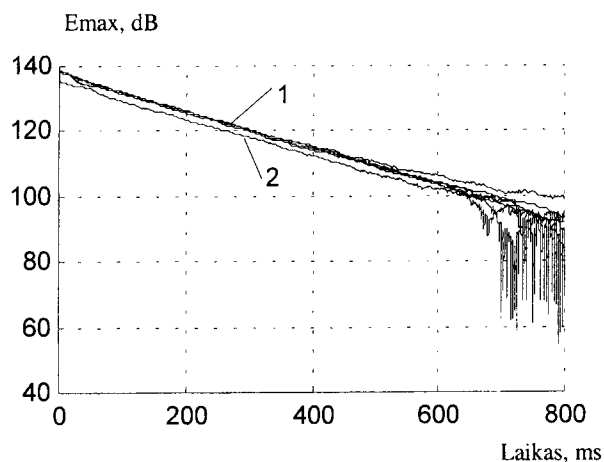
### 3. Garso lauko slopimo tyrimų rezultatai

#### 3.1. Nefiltruoto signalo garso lauko slopimo ypatumai

Salės iki rekonstrukcijos visos šoninės sienos buvo padengtos „Akmigrano“ plokštėmis, kurios buvo tvirtinamos prie sienos. Tokios plokštės blogai sugeria garsą esant žemesiems dažniams ir gerai esant aukštesiems dažniams. Salės lubos buvo padarytos iš medžio drožlių plokščių, už kurių buvo oro tarpas. Jos geriau negu „Akmigrano“ plokštės sugeria žemuosius dažnius, bet blogai sugeria vidutinius ir aukštuosius dažnius. Lubos po balkonu buvo iš gelžbetonio, kuris gerai atspindi visų dažnių garsą. Salės grindys medinės, atspindinčios garsą.

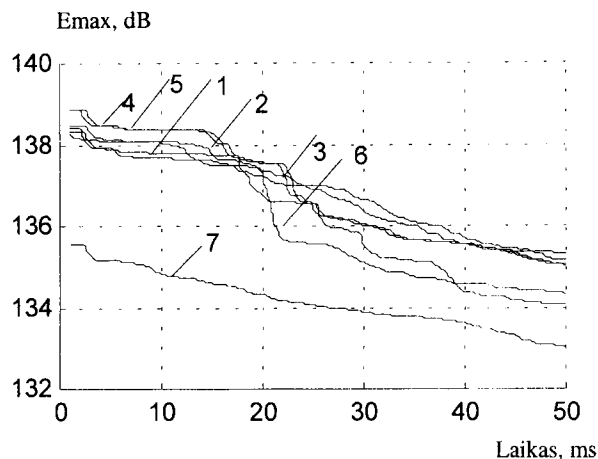
1 pav. parodytas salės iki rekonstrukcijos garso lauko energijos slopimas.

Iš grafiko matyti, kad visose parterio eilėse garso lauko slopimo pobūdis yra vienodas. Reikia pažymėti, kad priekinėse eilėse laukas slopsta kiek ilgiau negu galinėse. Tačiau tai nėra svarbiausia. Balkone (2 kreivė) lauko slopimo pobūdis yra toks pat kaip ir parteryje. Maksimali energija balkone yra apie 2 dB mažesnė negu parteryje. Tai rodo, kad jokių anomalijų salėje iki rekonstrukcijos nepastebėta.



1 pav. Nefiltruoto signalo garso lauko slopimas salėje iki jos rekonstrukcijos: 1 – parteryje; 2 – balkone

Fig 1. The dependence of the non-filtered signal decrease in the hall before reconstruction: 1 – in the stalls; 2 – in the balcony



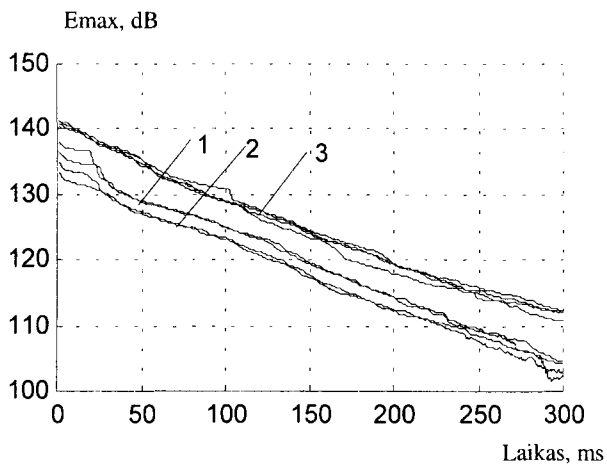
2 pav. Nefiltruoto signalo garso energijos slopimas per pirmąsias 50 ms. Salė iki rekonstrukcijos: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – parterio atitinkamai 1, 4, 7, 11, 14 ir 18 eilė; 7 – balkonas 4 eilė.

Fig 2. The decrease of the non-filtered signal sound energy during the first 50 ms. The hall as before reconstruction: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – respectively in the stalls 1, 4, 7, 11, 14 and 18 line; 7 – in the balcony, 4 line

2 pav. pateikiamas energijos slopimas per pirmąsias 50 ms. Tai leidžia išskirti energijos slopimo ypatumus svarbiu pradiniu slopimo periodu.

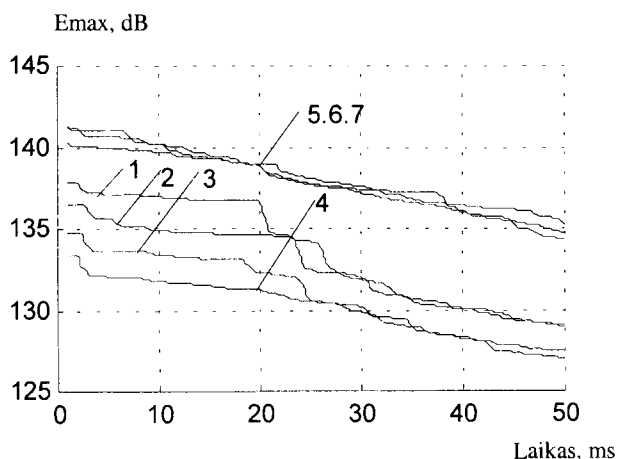
Visose parterio eilėse energijos slopimo pobūdis beveik vienodas. Laukas lėtai slopsta iki 20 ms ir greičiau po 20 ms. Energijos slopimo skirtumas nedidelis – apie 1 dB. Aiškiai matyti, kad balkone maksimali energija beveik 3 dB mažesnė negu parteryje.

3 pav. parodytas salės po rekonstrukcijos garso lauko energijos slopimas.



**3 pav.** Nefiltruoto signalo garso lauko slopimas salėje po rekonstrukcijos: 1 – 1 ir 4 eilė; 2 – 7 ir 11 eilė; 3 – po balkonu 14 ir 18 eilė ir 4 balkono eilė

**Fig 3.** The decrease of the non-filtered signal sound energy after hall reconstruction: 1 – 1 and 4 line; 2 – 7 and 11 line; 3 – under the balcony 14 and 18 line and 4 balcony line



**4 pav.** Nefiltruoto signalo garso energijos slopimas per pirmąsias 50 ms po salės rekonstrukcijos: 1 – 1 eilė; 2 – 4 eilė; 3 – 7 eilė; 4 – 11 eilė; 5, 6, 7 – po balkonu ir balkone

**Fig 4.** The decrease of the non-filtered signal sound energy during the first 50 ms after hall reconstruction: 1 – 1 line; 2–4 line; 3 – 7 line; 4 – 11 line; 5, 6, 7 – under the balcony, and in the balcony

Po salės rekonstrukcijos daug kas keičiasi. Energijos slopimo pobūdis yra vienodas tiek parteryje, tiek balkone. Energija šiuo atveju slopsta daug greičiau, nes labai padidėjo visos salės garso sugėrimas. Tuo tarpu maksimali energija po salės rekonstrukcijos balkone ir po juo yra didesnė negu parteryje. Tai anomalinis reiškinys. Po rekonstrukcijos visos salės sienos ir lubos buvo padengtos naujomis garsą sugeriančiomis medžiagomis pagal „Akusto“ katalogą. Tokios medžiagos geriau sugeria gar-

są visu jo dažnių spektru, negu prieš tai buvusios. Bendrasis salės sugėrimas tiek parteryje, tiek balkone padidėjo apie 200–300 m<sup>2</sup>. Vadinasi, po rekonstrukcijos turi sumažėti maksimali energija tiek parteryje, tiek balkone. Tuo tarpu balkone ji yra didesnė. Tad kaip galima būtų paaiškinti tokį reiškinį?

4 pav. pateikiami energijos pokyčiai parterio ir balkono vietose per pirmąsias 50 ms. Grafikas rodo, kad parteryje didžiausia maksimali energija yra pirmoje parterio eilėje, o mažiausia – 11 parterio eilėje. Skirtumas siekia apie 6 dB. Visais atvejais per pirmąsias 20 ms energija beveik nedidėja. Tai yra todėl, kad tarp tiesioginio garso ir pirmojo atspindžio yra laiko intervalas, kuriame klausytojo nepasiekia atspindžiai. Kuo toliau nuo garso šaltinio, tuo šis intervalas yra mažesnis (kreivė 4). Tuo tarpu po balkonu ir virš jo maksimali energija yra 6–7 dB didesnė negu parteryje. Tas skirtumas yra didesnis, kai laukas slopsta po 30 ms.

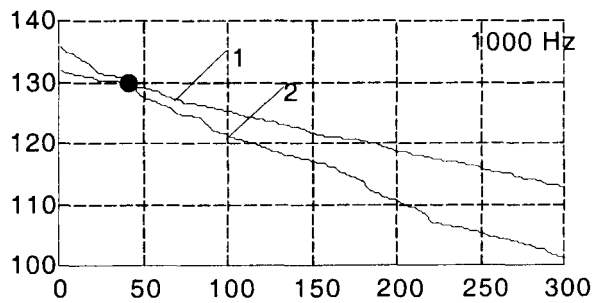
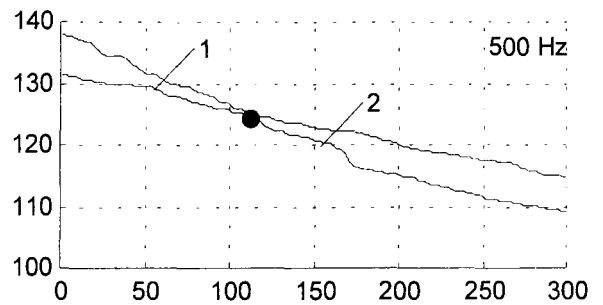
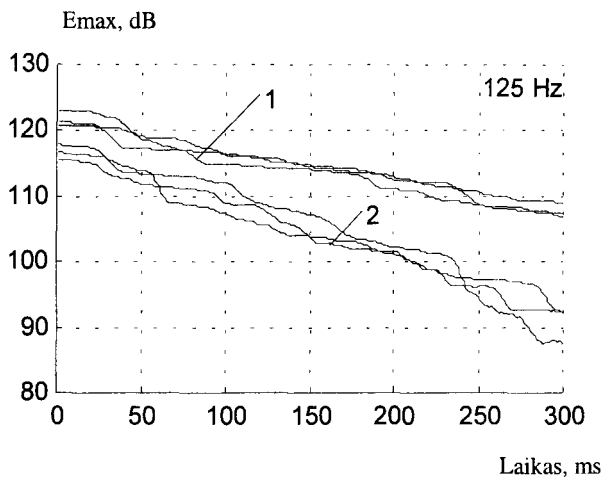
### 3.2. Filtruoto signalo garso lauko slopimo ypatumai

Nefiltruoto signalo garso lauko slopimas duoda ribotą informaciją. Reikia žinoti, kokie yra garso lauko slopimo ypatumai esant įvairiems dažniams. 5 pav. pateikiamas lauko slopimas 7 parterio eilėje, kai dažnis 125 Hz.

Iki rekonstrukcijos garso laukas per 300 ms nuslopsta 10 dB, po rekonstrukcijos – apie 25 dB, t. y. 15 dB daugiau. Subjektyviai klausytojas tai jaus kaip garso sumažėjimą labiau negu perpus. Taip yra dėl to, kad salės sienose ir lubose panaudotos daug efektyvesnės garsą sugeriančios medžiagos. Panaši situacija parteryje yra ir esant kitiems dažniams. Tačiau to nėra balkone (6 pav.).

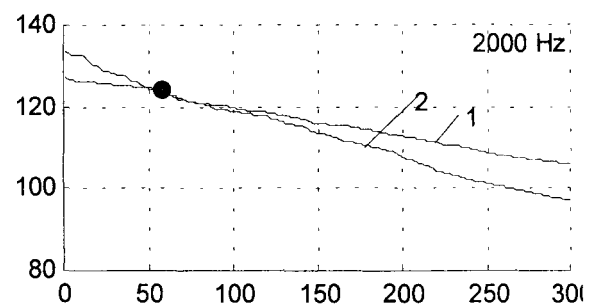
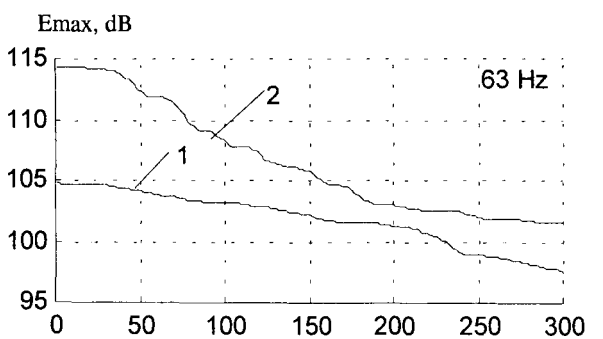
Kai dažnis 63 Hz, maksimali energija po rekonstrukcijos, t. y. padidėjus salės bendram sugėrimui, yra 10 dB didesnė negu prieš rekonstrukciją, kai sugėrimas buvo mažesnis. O turėtų būti atvirkščiai. Panašiai yra ir eilėse po balkonu. Tuo tarpu salės parteryje padidėjus sugėrimui energija sumažėja (5 pav.). Tokia pati tendencija yra pastebima ir esant kitiems dažniams. Kai dažnis 125, 250 ir 500 Hz, maksimali energija po rekonstrukcijos padidėja 5–7 dB, o šis padidėjimas prasideda praėjus 120–140 ms. Esant 1000 ir 2000 Hz šis energijos padidėjimas siekia 4–5 dB ir jis prasideda po 50 ms. Kai dažnis 4000 Hz, maksimali energija padidėja 7–8 dB ir tai vyksta po 100 ms.

Šie rezultatai rodo, kad anomalinis reiškinys vyksta tik po balkonu ir balkone ir tai tik pradiniu slopimo periodu, kurio intervalas – nuo 50 iki 140 ms, ir vyrauja ankstyvieji

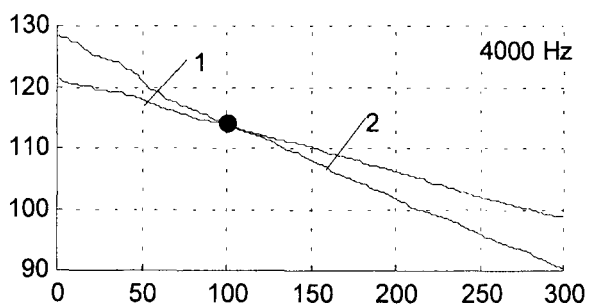
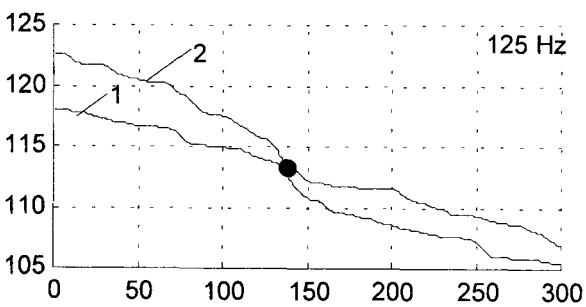


5 pav. Garso lauko slopimas 1, 7 ir 11 parterio eilėje, kai dažnis 125 Hz: 1 – salė iki rekonstrukcijos; 2 – po rekonstrukcijos

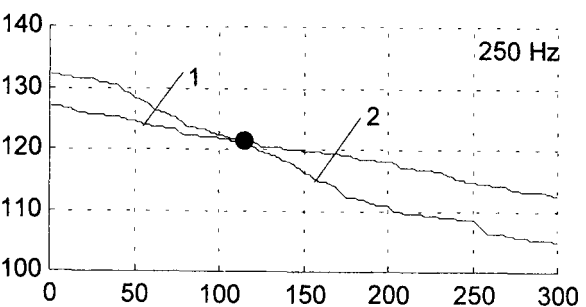
Fig 5. The decrease of the sound in 1.7 and 11 line in the stalls. Frequency 125 Hz: 1 – the hall before reconstruction; 2 – the hall after reconstruction



Part. 2m



Laikas, ms



6 pav. Garso energijos slopimo priklausomybė nuo dažnio ir salės akustikos pokyčių. Balkonai, 4 eilė: 1 – iki salės rekonstrukcijos; 2 – po salės rekonstrukcijos

Fig 6. The dependence of the sound energy decrease on frequency and hall acoustics. The balcony, 4 line: 1 – the hall before reconstruction; 2 – the hall after reconstruction

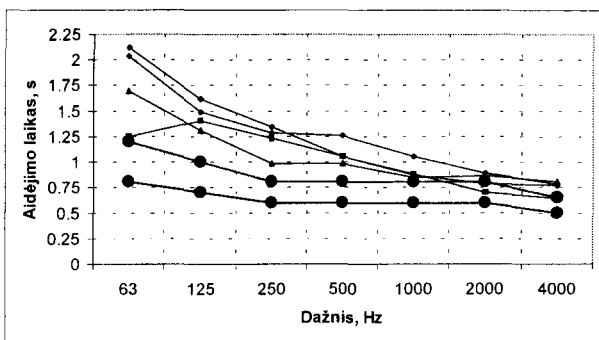


Balk/ 1m 1- iki, 2- po.

atspindžiai. Tačiau kodėl padidėja jų energija, kada plokštumos yra iš efektyvesnių sugeriančių medžiagų, paaikškinti sunku. Galimas dalykas, kad tam turi įtakos balkono tūrio sąveika su visu likusiu salės tūriu.

#### 4. Aidėjimo laiko tyrimų rezultatai

„Dolby“ laboratorija suformulavo reikalavimus aidėjimo laikui priklausomai nuo salės tūrio [2]. Juose pateikiamos maksimalios ir minimalios leidžiamos aidėjimo laiko ribos. Laikoma, kad aidėjimo laikui neviršijant leidžiamų reikšmių visame dažnių spektre muzikos skambėjimas įrengus „Dolby“ sistemą bus geras. 7 pav. pateikiami aidėjimo laiko tyrimų rezultatai.



7 pav. Aidėjimo laiko  $T_{10}$ , aproksimuoto nuo 0 iki  $-10$  dB, priklausomybė nuo dažnio ir matavimų vietos. Salė iki rekonstrukcijos: 1 – leidžiamų reikšmių apatinė ir viršutinė ribos; 2 – 63 Hz 1,25 – 1 eilė; 3 – 1,69 – 14 eilė; 4 – 2,04 – 18 eilė; 5 – 2,12 – 4 balkono eilė

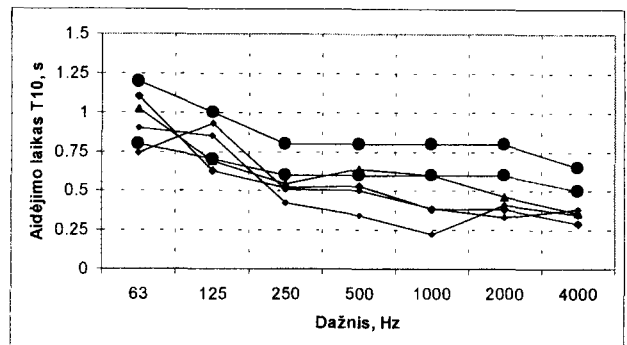
Fig 7. The dependence of the reverberation time approximation of the sound decrease from 0 to  $-10$  dB on frequency and measurement points. The hall before reconstruction: 1 – possible upper and lower value; 2 – 1 line; 3 – 14 line; 4 – 18 line; 5 – in the balcony. 4 line

Ankstyvasis aidėjimo laikas  $T_{10}$  visose salės eilėse, o ypač parterio gale ir balkone, kai dažniai nuo 63 iki 500 Hz, labai viršija leidžiamos viršutinės ribos reikšmes. Ypač tai pastebima esant žemesiems dažniams. Tai yra todėl, kad salėje iki rekonstrukcijos panaudotos „Akmigrano“ plokštės garso sugėrimo požiūriu yra neefektyvios esant žemesiems dažniams. Aproksimuojant lauko slopinimą didesniais lygių intervalais, pvz., nuo 0 iki  $-30$  dB, aidėjimo laiko reikšmės gaunamos dar didesnės ir dar labiau viršija leistinas.

8 pav. pateikiami salės rekonstrukcijos tyrimų rezultatai.

Po salės rekonstrukcijos daug kas pasikeitė. Ankstyviausias aidėjimo laikas visose parterio ir balkono eilėse

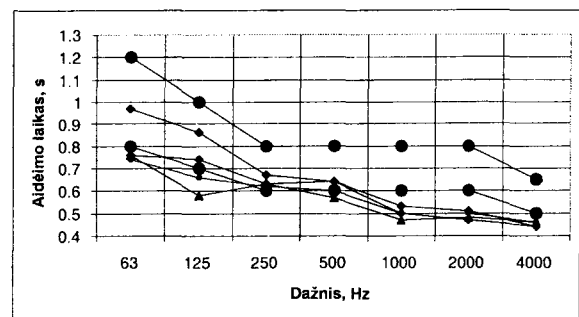
neviršija leistinos viršutinės ribos. Tik kai dažnių diapazonas 250–1000 Hz, aidėjimo laikas yra mažesnis negu apatinė leistina riba. Tačiau „Dolby“ laboratorija leidžia padidinti viršutinę ir sumažinti apatinę ribą. Tokiu atveju klausytojas subjektyviai jaus silpnesnį garsą, kas yra labai pageidautina, nes šalies kino teatruose, kuriuose įrengta „Dolby“ įgarsinimo sistema, garso stiprumas yra per didelis.



8 pav. Aidėjimo laiko  $T_{10}$ , aproksimuoto nuo 0 iki  $-10$  dB, priklausomybė nuo dažnio ir matavimų vietos. Salė po rekonstrukcijos: 1 – leidžiamų reikšmių apatinė ir viršutinė ribos; 2 – 1000 Hz 0,2 – 1 eilė; 3 – 1,69 – 14 eilė; 4 – 2,04 – 18 eilė; 5 – 2,12 – balkono 4 eilė

Fig 8. The dependence of the reverberation time approximation of the sound decrease from 0 to  $-10$  dB on frequency and measurement points. The hall after reconstruction: 1 – possible upper and lower value; 2 – 1 line; 3 – 14 line; 4 – 18 line; 5 – in the balcony, 4 line

9 pav. pateikiami salės po rekonstrukcijos tyrimų rezultatai, o garso lauko slopinimas yra aproksimuojamas nuo 0 iki  $-30$  dB.



9 pav. Aidėjimo laiko  $T_{30}$ , aproksimuoto nuo 0 iki  $-30$  dB, priklausomybė nuo dažnio ir matavimų vietos. Salė po rekonstrukcijos: 1 – leidžiamų reikšmių apatinė ir viršutinė ribos; 2 – 125 Hz 1,2 – 18 eilė; 3 – po balkonu; 4 – 63 Hz 1,58 – 14 eilė; 5–2,12 – balkono 4 eilė

Fig 9. The dependence of the reverberation time approximation of the sound decrease from 0 to  $-30$  dB on frequency and measurement points. The hall after reconstruction: 1 – possible upper and lower value; 2 – 18 line; 3 – over the balcony, 4 line; 4 – 14 line; 5 – in the balcony, 4 line

Šiuo atveju padidėjus salės sugėrimui pastebima, kad esant 63 ir 125 Hz dažniams po balkonu ir balkone aidėjimo laiko reikšmės viršija leistinas viršutinės ribas. Šie rezultatai susiję su aprašytu ankstyvosios energijos padidėjimu po balkonu ir balkone, kada padidėjo bendras salės garso sugėrimas. Turėtų būti atvirkščiai.

## 5. Išvados

1. Nefiltruoto signalo ankstyvoji garso energija iki salės rekonstrukcijos visose parterio eilėse yra didesnė negu balkone.

2. Salėje po rekonstrukcijos, kai joje labai padidėjo garso sugėrimas, ankstyvoji energija po balkonu ir balkone yra didesnė negu parterioje.

3. Padidėjus bendram salės garso sugėrimui, kai dažnių spektras nuo 63 iki 4000 Hz, po balkonu ir balkone energija yra didesnė negu parterioje iki 50–250 ms, tuo tarpu prieš rekonstrukciją buvo atvirkščiai.

4. Po salės rekonstrukcijos ankstyvasis aidėjimo laikas sumažėjo visose salės vietose, tuo tarpu  $T_{30}$  po balkonu ir virš jo padidėjo.

## Literatūra

1. W. Reichardt. Gute Akustik aber wie. Berlin: Veb Verlag Technik, 1982. 196 S.
2. Dolby stereo. Technical Guidelines for Dolby Stereo Theatres. Los Angeles, 1994. 67 p.

Įteikta 1999 09 06

## THE FEATURES OF CINEMA HALL ACOUSTICS UPON INSTALLATION OF THE DOLBY SOUND RECORDING SYSTEM

V. J. Stauskis

### S u m m a r y

Investigations conducted in a cinema hall have shown that the character of the sound field decay in all rows of the main floor is uniform. The character of the sound field decay in the

balcony is similar to that on the main floor. The maximal decay energy in the balcony is lower by about 2 dB compared to that on the main floor.

After the reconstruction of the hall, the energy decay of a similar character was found both on the main floor and in the balcony. The decay of energy is much faster because the sound absorption of the entire hall has increased. The maximal energy values, however, are higher in the balcony and under it compared to the main floor. After the reconstruction the overall hall absorption has increased by about 200–300 m<sup>2</sup> both on the main floor and in the balcony. Consequently, the reconstruction should have resulted in the decrease of the maximal energy in both areas. Actually, the maximal energy value is higher in the balcony.

At the frequency 63 Hz, the maximal energy value in the balcony after the reconstruction, i.e. after the increase in the overall absorption, is by 10 dB higher than that before reconstruction when the absorption was smaller. One would expect a reverse. A similar effect is observed in the rows under the balcony. At 1000 Hz and 2000 Hz the energy increase is 4–5 dB and it starts after 50 ms. At 4000 Hz a maximal energy increase of 7–8 dB is reached after 100 ms.

Before the reconstruction the early reverberation time  $T_{10}$  markedly exceeded the permissible upper limit in all rows of the hall, and particularly at the end of the hall and in the balcony at the frequency from 63 to 500 Hz. As the sound field decay was approximated by larger level intervals, e.g. from 0 to –30 dB, still larger reverberation time values were obtained.

After the reconstruction the early reverberation time in all rows of the main hall and the balcony does not exceed the permissible upper limit. It is only in the frequency range of 250–1000 Hz that the reverberation time values are below the lower limit. In this case, the listener's subjective perception will be of a weaker sound, which is strongly preferable, since the sound is too strong in Lithuanian cinema halls where the Dolby sound-recording system has been installed.

---

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

Doctor (1974). From 1974 at VGTU Dept of Building Structures. Research visits: Moscow Civil Engineering Institute, St Petersburg Polytechnic Institute. 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.