

THE DIRECT SOUND, THE EARLY REFLECTIONS AND THE INTERRELATION BETWEEN THEIR ENERGY AND THE NEAR AND THE REMOTE ACOUSTIC FIELDS

V. Stauskis

To cite this article: V. Stauskis (1996) THE DIRECT SOUND, THE EARLY REFLECTIONS AND THE INTERRELATION BETWEEN THEIR ENERGY AND THE NEAR AND THE REMOTE ACOUSTIC FIELDS, *Statyba*, 2:7, 70-74, DOI: [10.1080/13921525.1996.10531659](https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531659)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10531659>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 57

TIESIOGINIS GARSAS, ANKSTYVI ATSPINDŽIAI IR JŲ ENERGIJOS RYŠYS SU ARTIMU IR TOLIMU GARSO LAUKU

V.Stauskis

1. Įvadas

Bet kokios paskirties koncertų salėje atlikėjas ir klausytojas, esantys skirtingose salės vietose, muzikos skambėjimą suvoks skirtingai. Tiek atlikėjų, tiek klausytojų zonoje garso laukai, kurie lemia muzikos suvokimą, bus skirtingi. Jie daugiausia priklausys nuo salės geometrinių parametrų, garso šaltinio charakteristikų, klausytojo atstumo iki garso šaltinio.

Bet kurioje salės vietoje esantį klausytoją veiks garso laukas, susidedantis iš tiesioginio garso, ankstyvųjų atspindžių ir difuzinio garso lauko. Visi šie garso lauko komponentai keisis, keičiantis garso šaltinio ir klausytojo padėtims. Šie faktoriai lems subjektyvų muzikos skambėjimo suvokimą.

Atlikėją visada veiks stiprus tiesioginis garsas. Skirtingos energijos ankstyvi garso atspindžiai jį pasieks skirtingu laiko intervalu, kuris priklausys nuo salės pločio ir aukščio. Tuo tarpu klausytoją, esantį santykinai toli nuo garso šaltinio, taip pat pasieks kitokio intensyvumo ir laiko intervalo tiesioginis garsas ir ankstyvi atspindžiai. Kaip keičiasi tiesioginio garso ir pirmųjų garso atspindžių energijos santykis, šiandien dar nėra ištirta.

Šio darbo tikslas - tyrimais nustatyti artimo ir tolumo garso laukų ribą, kurią suformuos tiesioginio garso ir ne difuzinio garso lauko, o tik pirmųjų garso atspindžių santykis; nustatyti tokią priklausomybę nefiltruotam signalui.

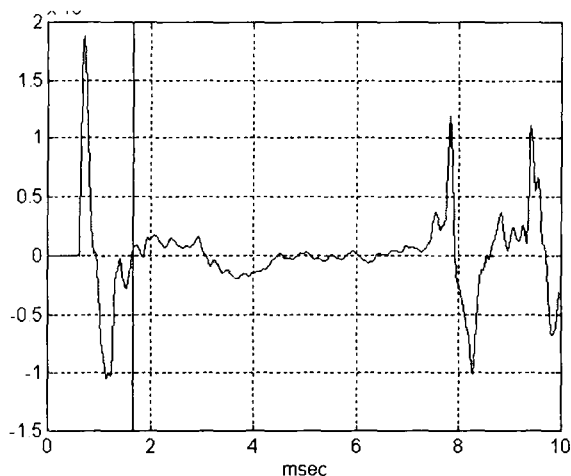
2. Eksperimento rezultatai

Eksperimentas buvo atliktas realioje salėje, kurios ilgis, plotis ir aukštis yra atitinkamai $13,6 \times 10,7 \times 7$ m. Salėje buvo 120 pusiau minkštų kėdžių, ji be žiūrovų. Tyrimo taškai pasirinkti 1 m ir 11 m nuo garso šaltinio. Tokį pasirinkimą lėmė tai, kad abiem atvejais ankstyvi garso atspindžiai bus labai skirtingi savo vėlavimo laiku tiesioginio garso atžvilgiu ir savo intensyvumu.

Svarbus klausimas, kokią tiesioginio garso trukmę parinkti matavimuose. Darbe [1] teoriškai ir eksperimentiškai buvo nagrinėjamas artimo ir tolumo garso lauko santykis ir jo priklausomybė nuo salės tūrio ir jos paviršių absorbcijos. Buvo nustatyta, kad ieškant tiesioginio garso ir likusios energijos santykio, geriau įvertinti ne difuzinį garso lauką, bet ankstyvuosius garso atspindžius. Šiame darbe, kaip rekomenduota literatūroje, tiesioginio garso trukmė buvo paimta lygi 5 ms. Tokia rekomendacija, deja, niekuo nebuvo pagrįsta. Taigi kartu reikia įvertinti ir pagrįsti tiesioginio garso trukmę.

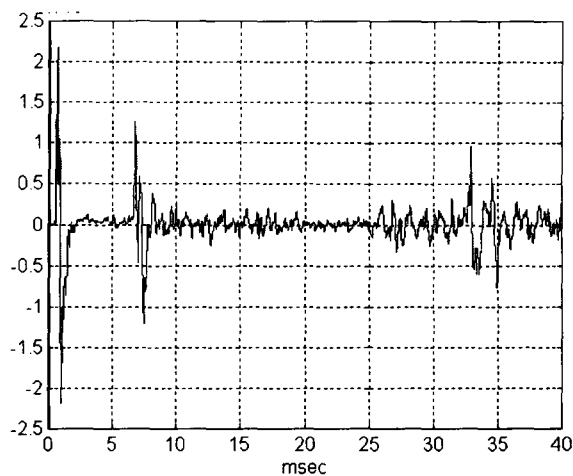
1 paveiksle pateiktas tiesioginio garso ir pirmojo atspindžio garso slėgio pasiskirstymas pagal laiką per pirmas 10 ms.

Iš šio grafiko aiškiai matyti, kad tiesioginio garso pabaiga sutampa su parodyta vertikalia linija. Tokiu atveju tiesioginio garso trukmė yra 1,066 ms, o ne 5 ms, kaip rekomenduoja literatūros šaltiniai [2]. Pirmasis atspindys nuo grindų prasideda tik praėjus po tiesioginio garso 6,57 ms. Jo trukmė yra 1,32 ms, o amplitudė tik 4 dB mažesnė, negu tiesioginio garso. Šiame intervale, kaip matome, nėra jokių atspindžių. Laiko intervale, kada baigiasi tiesioginis garsas ir prasideda pirmasis atspindys, t.y. laiko intervale nuo 1,066 ms iki 6,667 ms, yra tik difraguotas garsas, atsispindėjęs nuo operatorius galvos, mikrofono stovo, kėdės. Čia taip pat svarbūs ir aparatūros vidaus triukšmai. Šiame laiko intervale garso slėgis yra net 20 - 43 dB mažesnis negu tiesioginio garso. Klausytojas tokį mažą garso slėgio lygį jau kažin ar suvoks. Tačiau tai jokių būdu nebus garso atspindžiai, turintys muzikinę informaciją. Todėl negalime imti tiesioginio laiko intervalo 5 ms. Jo trukmė, kaip rodo tyrimai, yra nuo 1,06 iki 1,7 ms, ir ji priklauso nuo garso šaltinio kokybės, t.y. nuo šūvio galingumo ir kt. Pavyzdžiui, garsinio, startinio pistoletų, medžioklinio šautuvo generuojamų tiesioginių garsų trukmės bus skirtingos. Eksperimen-



1 pav. Tiesioginio garso ir pirmo atspindžio garso slėgio pasiskirstymas pagal laiką per pirmas 10 ms

Fig. 1. The temporal distribution of the direct sound pressure and the first reflection sound pressure over the first 10 ms



2 pav. Tiesioginio ir atspindėjusio garso slėgio pasiskirstymas nefiltruotame signale per pirmas 40 ms. Mikrofonas yra 1 m nuo šaltinio

Fig. 2. The distribution of the direct sound pressure and the reflected sound pressure in the nonfiltered signal over the first 40 ms. The microphone is located 1 m from the sound source

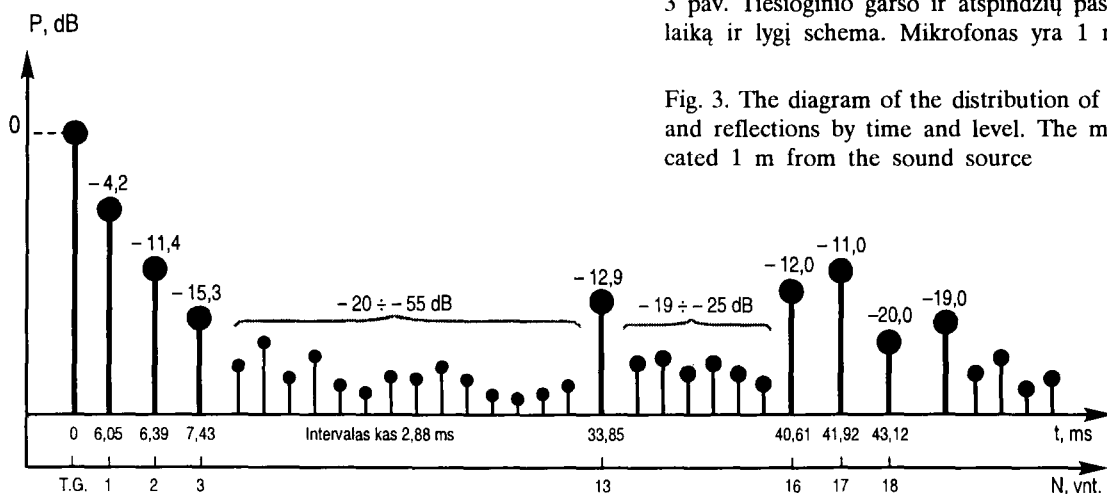
tuose tiriant tiesioginio garso ir pirmųjų atspindžių energijos santykį, tiesioginio garso trukmė buvo nustatoma kiekvienam atvejui atskirai.

Minėtų energijų santykį nustatysime būdingose salės vietose: 1 m ir 11 m nuo garso šaltinio, t.y. atlikėjų zonoje ir galinėse salės eilėse. 2 paveiksle parodytas garso slėgio pasiskirstymas per pirmas 40 ms, esant mikrofonui per 1 m nuo garso šaltinio.

Tiesioginio garso ir atspindžių pasiskirstymą pagal laiką ir lygį galime parodyti schema. Tai pateikta 3 paveiksle.

Klausytoją pirmiausia pasiekia tiesioginis garsas, kurio amplitudė šiuo atveju yra didžiausia. Pirmas atspindys nuo grindų klausytoją pasiekia po 6,05 ms

ir jo amplitudė yra tik 4,2 dB mažesnė negu tiesioginio garso. Po 6,39 ir 7,43 ms ateina du atspindžiai, kurių amplitudės jau yra 11,4 dB ir 15,3 dB mažesnės, negu tiesioginio garso. Kitas garso atspindys nuo lubų klausytoją pasiekia tik po 33,85 ms. Laiko intervale nuo 6,6 ms iki 33,35 ms klausytojo visai nepasiekia jokie garso atspindžiai. Tai aiškiai matosi 2 paveiksle. Šiame laiko intervale difraguotų ir interferencijos paveiktų atspindžių amplitudės yra net 20-55 dB mažesnės negu tiesioginio garso. Toks atspindžių struktūros pasiskirstymas yra galimas tik arti garso šaltinio. Didėjant atstumui nuo šaltinio atspindžių struktūra bus visai kitokia.



3 pav. Tiesioginio garso ir atspindžių pasiskirstymo pagal laiką ir lygį schema. Mikrofonas yra 1 m nuo šaltinio

Fig. 3. The diagram of the distribution of the direct sound and reflections by time and level. The microphone is located 1 m from the sound source

Ekspimente nefiltruoto tiesioginio garso ir pirmųjų atspindžių energijos santykį skaičiuosime dviem atvejais pagal formules

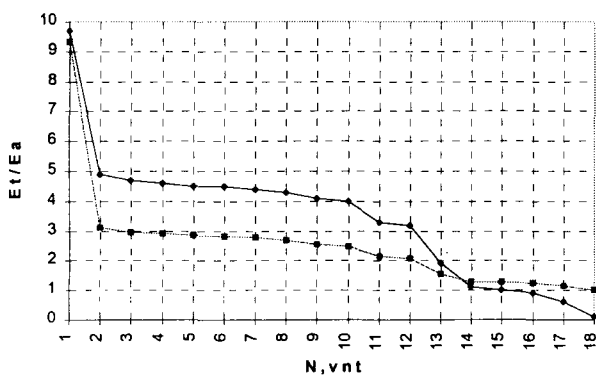
$$TG1 = 10 \lg \frac{\int_0^{t_1} p^2(t) dt}{\int_{t_2}^{t_3} p^2(t) dt}, \quad (1)$$

$$TG2 = \frac{\int_0^{t_1} p^2(t) dt}{\int_{t_2}^{t_3} p^2(t) dt}, \quad (2)$$

čia t_1 - tiesioginio garso pabaigos laikas; t_2 ir t_3 - nagrinėjamo atspindžio pradžios ir pabaigos laikai tiesioginio garso pradžios atžvilgiu, t.y. nulio atžvilgiu.

Svarbu teisingai parinkti nulį, nuo kurio pradedami skaičiavimai. Jis yra nustatomas programiškai ir kiekvienam tiriamam signalui atskirai. Eksperimentinių tyrimų rezultatai rezultatai pateikiami 4 paveiksle.

Analizuojant 3 kartu su 4 paveikslu matosi, kad tiesioginio garso energijos ir pirmo atspindžio santykis yra 9,32, arba 9,7 dB. Čia vyrauja tiesioginio garso energija ir ji yra beveik 10 kartų didesnė už pirmo atspindžio energiją. Kada po 7,6 ms ateina antras atspindys, tada tiesioginio garso energija jau tik 3,12 karto, arba 4,9 dB didesnė už tiesioginio garso energiją. Trečias atspindys, kurio energija yra nedidelė, šį skirtumą sumažina iki 2,95, arba iki



4 pav. Nefiltruoto tiesioginio garso ir pirmųjų garso atspindžių energijos santykio priklausomybė nuo atspindžių skaičiaus. Mikrofonas yra 1 m nuo garso šaltinio. 1 - apskaičiuota pagal formulę (1); 2 - pagal formulę (2)

Fig. 4. The dependence of relationship between the nonfiltered direct sound energy and the first sound reflection energy on the number of reflections. The microphone is located 1 m from the sound source. 1 - computed by formula (1); 2 by formula (2)

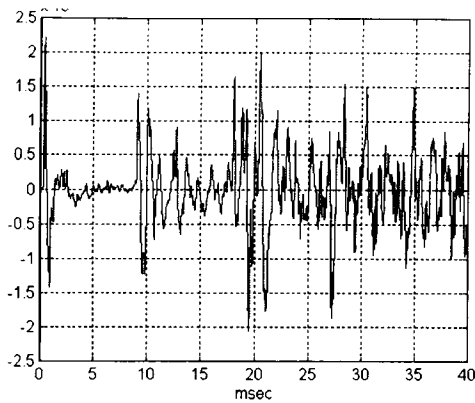
4,7 dB. Toliau, kaip matyti iš 3 ir 4 paveikslų, yra sritis, kurioje visai nėra garso atspindžių. Tai aiškiai matyti energijų santykyje 4 paveiksle. Iki pat 33,35 ms tiesioginio garso ir mažo intensyvumo difrakciniai atspindžiai šį santykį pakeičia labai mažai. Tai ir suprantama, nes jų energija yra 20-55 dB mažesnė negu tiesioginio garso energija. Laiko intervale nuo 33,35 iki 39,93 ms vėl ateina atspindžiai ir tiesioginio garso energijos santykis jau tik 1,26, arba 1 dB didesnis už suminę atspindžių, tarp jų ir difrakcinių, garso energiją. Toliau vėl eina difrakciniai atspindžiai ir energijos santykis kinta labai nedaug. Tik po 43 ms tiesioginio garso ir iki tol atėjusių įvairaus intensyvumo atspindžių energija jau yra lygi tiesioginio garso energijai. Šiuo atveju atlikėjų zonoje nusistovi energijų pusiausvyrą.

Šie tyrimo rezultatai rodo, kad atlikėjų zonoje per pirmas 45 - 50 ms vyrauja tiesioginis garsas. Dėl to jų zonoje muzikos skambėjimas bus visiškai kitoks, negu žiūrovų zonose, esančiose toli nuo garso šaltinio.

Šiuo atveju garso atspindžių struktūra yra visiškai kitokia, negu tuo atveju, kai mikrofonas yra 1 m nuo garso šaltinio. Matome, kad praėjus 8,68 ms po tiesioginio garso ateina pirmas atspindys nuo grindų, kurio amplitudė yra tik 3,7 dB mažesnė už tiesioginio garso amplitudę. Toliau po 9,63 ms, 10,66 ms ir 12,26 ms eina trys atspindžių poros, kurių amplitudės yra 4,9-12,9 dB mažesnės negu tiesioginio garso. 5, 6 ir 7 atspindžiai yra daug mažesnio intensyvumo, bet jie užima mažą laiko intervalą. Įdomiausia, kad po 20 ms atspindžio, kurio Nr 10, amplitudė yra net truputį didesnė negu tiesioginio garso. Matome, kad tolstant nuo šaltinio atspindžių struktūra labai keičiasi.

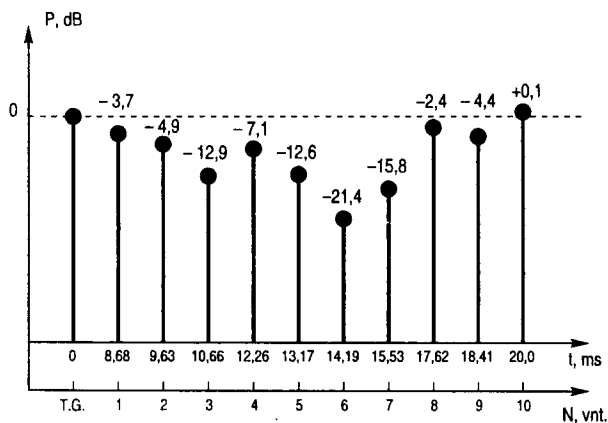
5 paveiksle pavaizduota, kaip kinta tiesioginio garso ir pirmųjų atspindžių energijų santykis.

Analizuojant 5 pav. kartu su 2 lentele matoma, kad tiesioginio garso energijos ir pirmo atspindžio santykis yra 1,18, arba 0,7 dB, t.y. beveik artimas vienetui. Įvertinus antrą atspindį šis santykis jau gaunamas 0,8, arba -1 dB, t.y. mažiau už vienetą. Įvertinant 3, 4, 5, 6 ir 7 atspindžius, santykis pastebimai mažėja. Tai rodo, kad santykinai toli nuo garso šaltinio pirmųjų atspindžių įtaka energijos balansui yra gerokai didesnė, negu arti garso šaltinio. Čia užtenka dviejų atspindžių, kurie pasiekia klausytoją praėjus 9,7 ms po tiesioginio garso, ir jų energija jau yra didesnė negu tiesioginio garso energija. Esant mikrofonui 1 m atstumu nuo garso šaltinio šis intervalas lygus apytikriai 45-50 ms.



5 pav. Tiesioginio ir atspindėjusio garso slėgio pasiskirstymas nefiltruotame impulse per pirmas 40 ms. Taškas yra 11 m nuo šaltinio

Fig. 5. The distribution of the direct sound pressure and the reflected sound pressure in the nonfiltered impulse over the first 40 ms. The point is located 11 m from the sound source



6 pav. Tiesioginio garso ir atspindžių pasiskirstymo pagal laiką ir lygį schema. Taškas yra 11 m nuo šaltinio

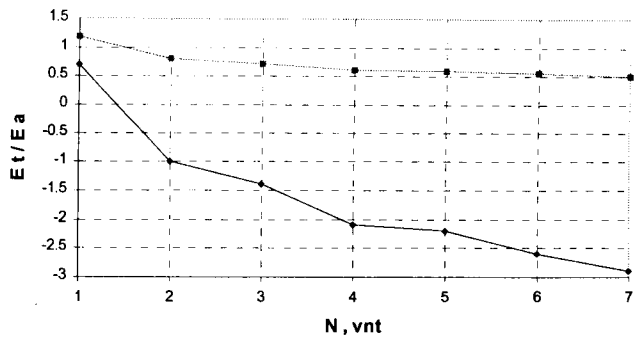
Fig. 6. The diagram of the distribution of the direct sound and reflections by time and level. The microphone is located 11 m from the sound source

4. Išvados

1. Artimo ir tolumo garso lauko ribai pagrindinės įtakos turi ne tiek atstumas iki garso šaltinio, kiek pirmieji atspindžiai, jų vėlavimo laikas ir intensyvumas tiesioginio garso atžvilgiu.

2. Mikrofonui esant per 1 m nuo garso šaltinio tiesioginio garso ir ankstyvųjų atspindžių energijos santykio balansas yra apytikriai po 45-50 ms.

3. Esant mikrofonui 11 m nuo garso šaltinio tiesioginio garso ir ankstyvųjų atspindžių energijos santykio balansas yra apytikriai po 9,7 ms, ir jį lemia du pirmi garso atspindžiai.



7 pav. Nefiltruoto tiesioginio garso ir pirmųjų garso atspindžių energijos santykio priklausomybė nuo atspindžių skaičiaus, kai mikrofonas yra 11 m nuo garso šaltinio. 1 - apskaičiuota pagal formulę (1); 2 - pagal formulę (2)

Fig. 7. The dependence of relationship between the nonfiltered direct sound energy and the first sound reflection energy on the number of reflections. The microphone is located 11 m from the sound source. 1 - computed by formula (1); 2 by formula (2)

4. Tiesioginio garso ir ankstyvųjų atspindžių energijos santykio balansui didelės įtakos turi salės geometriniai matmenys ir jos garso absorbcija.

5. Dėl tiesioginio garso ir ankstyvųjų atspindžių skirtingos garso energijos santykio muzika vienaip skambės arti garso šaltinio ir kitaip toli nuo jo.

Literatūra

1. V. Stauskis. The near and far acoustic field and its relationship to the hall acoustics // Statyba, 1996, Nr. 2(6). V.: Technika, 1996, p. 59-67.
2. W. Reichardt. Gute Akustik-aber wie? Berlin: VEB Verlag Technik, 1979. 197 p.

Įteikta 1996 06 30

THE DIRECT SOUND, THE EARLY REFLECTIONS AND THE INTERRELATION BETWEEN THEIR ENERGY AND THE NEAR AND THE REMOTE ACOUSTIC FIELDS

V. Stauskis

Summary

The paper deals with the dependence of the near and remote acoustic field limits on the relationship between the direct sound and the first reflections' energy. A hall with the dimensions 13.6×10.7×7 m was chosen

for the investigation. There were 120 semi-upholstered chairs in the hall, with no people. The selected investigation points were located 1 m and 11 m from the sound source. This choice was determined by the fact that in both cases the early sound reflections differ greatly in the delay time with respect to the direct sound and in their intensity.

A question as to what duration of the direct sound should be taken in the measurements is of great importance. In his previous work the author has examined the relationship between the energies of the near and the remote acoustic fields as well as its dependence on the hall volume and absorption. It has been established that while seeking the ratio between the direct sound energy and the remaining energy it is better to assess the early sound reflections and not the diffusional acoustic field. In this paper, the duration of the direct sound was taken as 5 ms according to the recommendations found in the literature.

It has been found experimentally that the duration of the direct sound is 1-1.7 ms and not 5 ms as recommended by the literature. There are no reflections in the time interval from 0 to 50 ms, only of the diffracted from the operator, microphone etc. The duration of the direct sound depends on the quality of the sound source itself, i.e. on the power of the shot etc. During the experiment the duration of the direct sound was established for each case separately.

When the microphone is located at 1 m from the sound source, strong direct sound prevails. After 6.05 ms the first reflection from the floor reaches the listener. Its amplitude is lower by 4.2 dB than that of the direct sound. After 6.39 and 7.43 ms, two reflections arrive with amplitudes lower by 11.4 and 15.3 dB respectively than those of the direct sound. The next sound reflection from the ceiling reaches the listener as late as after 33.85 ms. In the time interval from 6.6 ms to 33.85 ms no reflections reach the listener. In this interval, the amplitude of the diffracted reflections affected by the interference is lower by as much as 20-55 dB than that of the direct sound. Such distribution of the reflection structure is only possible near the sound source. The reflection structure changes along with the increase in the distance from the source.

Investigations show that in the case when the microphone is 1 m from the sound source the ratio between the direct sound energy and the first reflection energy is equal to 9.32, or 9.7 dB. The direct sound energy prevails and is bigger than the first reflection energy by a factor of 10. When the second reflection arrives after 6.39 ms, the direct sound energy is more than the sound energy of two reflections by a factor of 3.12 only, or 4.9 dB. The third reflection, which is less energetic, reduces this difference to 2.95, or to 4.7 dB. Further, to 33.85 ms there follows an area without sound reflections where only the diffracted sound is found. Due to this the energy ratio is only slightly reduced. Only after 43 ms the energy of the direct sound and the

reflections of various intensity that have arrived earlier is equal to the direct sound energy. In this case the energies come to equilibrium in the performers' area after 45-50 ms. These results show that direct sound only prevails in the performers' zone in the course of the first 45-50 ms.

Completely different results are obtained when the microphone is located 11 m from the sound source. In this case the ratio between the direct sound energy and the first reflection is as small as 1.18, or 0.7 dB, i.e. almost near one. With the second reflection, this ratio is equal to 0.8, or -1 dB, i.e. less than one. The ratio is markedly decreasing with the 3, 4, 5, 6 and 7 reflections. This is demonstrative of the fact that the influence of the first reflections over the equilibrium is much stronger at the point located relatively far from the sound source than near the source. The energy of only two reflections reaching the listener in 9.63 ms after the direct sound is sufficient to exceed the energy of the direct sound. When the microphone is 1 m from the sound source, this interval is roughly 45-50 ms.