

(19)



(10) **LT 4117 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patento numeris: **4117**

(51) Int. Cl.⁶: **E04B 1/99**

(21) Paraiškos numeris: **95-038**

(22) Paraiškos padavimo data: **1995 04 04**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **1996 10 25**

(45) Patento paskelbimo data: **1997 03 25**

(72) Išradėjas:

Vytautas Stauskis, LT

(73) Patento savininkas:

Vytautas Stauskis, Rinktinės g. 21-26, 2051 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Rezonansinė garsą absorbuojanti konstrukcija

(57) Referatas:

Išradimas priklauso statybinėms konstrukcijoms, būtent statybos įrenginiams, kurie patalpose veikia garsą. Rezonansinė garsą absorbuojanti konstrukcija sudaryta iš lygaus paviršiaus standžios plokštumos, oro tarpo už jos, tvirtinimo prie lubų elementų. Įvairaus pločio, ilgio ir storio plokštumos išdėstytos su tarpais tarp jų, taip suformuojant kryžiaus formos įvairaus pločio plyšius.

Rezonansinė absorbuojanti konstrukcija skirta architektūrinės akustikos sričiai. Ji gali būti panaudojama garso įrašų studijose, auditorijose, įvairios paskirties salėse jų akustikai gerinti, o taip pat įvairaus spektrinio charakterio patalpų triukšmui mažinti.

Rezonansinės garsą absorbuojančios konstrukcijos yra plačiai naudojamos praktikoje triukšmui slopinti ir jos akustiniu požiūriu yra gerai išnagrinėtos. Praktiniams tikslams naudojamos konstrukcijos, susideda iš 1 - 5 mm storio plokščių iš skardos, gipso, plastmasės su 4 - 5 mm diametro skylės formos perforacijomis, atstumas tarp kurių yra iki 30 - 50 mm, o perforacijos procentas iki 20 %. Tokios sudėtinės konstrukcijos skylės iš plokštės vidaus yra apklijuojamos audiniu su didele vidaus trintimi, už kurio visada patalpinama garsą absorbuojanti medžiaga. Už jos paprastai dar yra oro tarpas. Tokių konstrukcijų garso absorbcija yra maža prie žemų dažnių ir didelė prie vidutinių ir aukštų dažnių. Todėl architektūrinėje akustikoje tokios konstrukcijos yra naudojamos retai.

Taip pat žinomi plyšinio tipo rezonatoriai, tačiau architektūrinėje akustikoje jie taip pat naudojami retai. Tokie rezonatoriai susideda iš siaurų ir ilgų plyšių. Plyšio viduje visada yra talpinama garsą absorbuojanti medžiaga. Atstumai tarp tokios konstrukcijos plyšių yra nedideli ir nekintami ir ji daugiausia naudojama sienų plokštumose. Tokia sudėtinga praktinio panaudojimo požiūriu konstrukcija taip pat mažai absorbuoja garsą prie žemų dažnių ir daug prie vidutinių ir aukštų dažnių. [Клюкин И. Снижение шума и вибрации на судах. Л., Судостроение, 1971.]

Bet kokios paskirties salėse visada reikalinga siekti optimalios ankstyvųjų garso atspindžių struktūros nuo šoninių sienų ir lubų, bei koreguoti iki rekomenduojamos reverberacijos laiko dažninę charakteristiką. Šis parametras yra vienas svarbiausių rodiklių, apibūdinantis salės akustiką aplamai. Reverberacijos laiko dažninei charakteristikai koreguoti iki rekomenduojamos neužtenka naudoti vienodų akustinių charakteristikų garsą absorbuojančių medžiagų. Praktikoje naudojamos medžiagos paprastai mažai absorbuoja garsą prie žemų dažnių ir daug prie vidutinių ir aukštų dažnių. Tačiau prie aukštų dažnių garsą gerai absorbuoja ir patalpos oras. Tokiu atveju jau nepageidautina, kad dar papildomai garsą absorbuotų ir naudojama medžiaga. Rasti medžiagų, kurios mažai absorbuotų garsą prie aukštų dažnių yra sunku. Be to, daugelio naudojamų garsą absorbuojančių medžiagų estetinės

savybės yra nepriimtinos architektui, kada kartu su salės akustika reikia spręsti ir jos interjerą. Didelėse salėse optimaliam reverberacijos laikui pasiekti paprastai reikia panaudoti daug garsą absorbuojančių medžiagų, taigi iškyla ir medžiagų ekonomijos klausimas.

Minėtą problemą galima išspręsti naudojant pakabinamas lubas, susidedančias iš įvairaus ilgio ir pločio plokštumų, tarp kurių yra įvairaus pločio kryžiaus formos plyšiai.

Fig.1 pavaizduotas salės planas, o fig.2 išilginis pjūvis su pakabinamų lubų plokštumomis tarp kurių yra kryžiaus formos plyšiai.

Plokštumų paviršius yra lygus. Jų ilgis ir plotis gali keistis nuo 10 cm. iki 300 - 400 cm. Kryžių formos plyšių plotis gali keistis - nuo 5cm iki 150cm., o plyšių plotas gali būti nuo 8% iki 75% bendro salės lubų ploto, t.y. gali keistis labai plačiose ribose.

Tokios konstrukcijos akustinis efektas priklauso nuo kryžių formos plyšių ir plokštumų pločio, bei jų santykio, nuo šių plokštumų atstumo iki standaus paviršiaus, nuo dažnio ir nuo rezonatorių tarpusavio sąveikos, kai jie yra sujungti į lygiagrečią sistemą. Didžiausia garso absorbcija yra prie žemų dažnių todėl, kad orui judant arti kieto ir lygaus plokštės paviršiaus, dėl trinties jo greitis ir intensyvumas mažėja. Oras apteka visą plokštę, bet didžiausias svyravimų greitis yra plyšyje. Maksimali garso absorbcija bus plyšyje ir ji bus žymiai didesnė negu bet kuriame plokštumos taške. Prie aukštų dažnių, kai garso bangos ilgis yra mažesnis už plokštumos plotį, ($\lambda < \ell_2$) tada toli nuo plyšio oro dalelių svyravimo greitis yra mažiausias ir jokia papildoma absorbcija dėl oro judėjimo plokštės paviršiumi nevyks. Garsą absorbuos tik aplinka esanti arti plyšio. Šiuo atveju kiekvienas plyšys garsą absorbuos atskirai, o greta esančių plyšių įtaka bendrajai garso absorbcijai bus nedidelė. Todėl šiuo atveju rezonatorius garsą absorbuos silpnai. Tačiau aukšto dažnio garso bangos nuo tokios plokštės atsispindės kryptingai į žiūrovų vietas beveik nepraradusios savo pirmykštės energijos, kas yra svarbu optimizuojant ankstyvųjų garso atspindžių struktūrą žiūrovų vietose.

Prie žemų dažnių, kai garso bangos ilgis yra didesnis už plokštumos plotį ($\lambda > \ell_2$), tada plyšio formos rezonatoriai tarp savęs sąveikaus ir energijos nuostoliams jau turės įtakos visas plokštės paviršius, kurį apteka oras. Dėl to papildomai padidės bendroji lubų absorbcija. Tokiu atveju gaunamas papildomas garso absorbcijos efektas dėl to, kad skaičiuojant bendrą lubų absorbciją yra priimamas ne plyšių plotas, o plyšių ir plokštumų suminis plotas.

Fig.3 pavaizduota pakabinamų lubų garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo kryžiaus formos plyšių tarp lubų plokštumų pločio, kai lubų

aukštis nuo standaus paviršiaus lygus 25 cm. o plokštumų tarp ašių išmatavimai yra 400 ir 300 cm. Čia :1 - plyšių plotis nuo 5 iki 25 cm; 2 - plyšių plotis nuo 50 iki 150 cm.

Šie koeficientai turi ryškią dažninę priklausomybę - pastebimai mažėja didėjant dažniui, o jų maksimumas yra prie žemų dažnių. Esant mažam plyšio pločiui garso absorbcijos koeficientas prie žemų dažnių siekia apie 0.15 - 0.2 ir jis auga didėjant plyšio pločiui, bet tik žemų dažnių diapazone. Kai plyšio pločiai yra maži, tai oras pro jį pirmyn - atgal nevaikščioja. Praėjimo varža yra didelė ir oro dalelių svyravimo greitis bus žymiai didesnis esant mažam plyšio pločiui, negu kai plyšio plotis bus didelis. Absorbcija priklauso nuo oro svyravimo greičio prie plokštumos kraštų. Jis bus didelis esant mažam plyšio pločiui ir mažės didėjant šiam pločiui. Absorbcijai žymią įtaką turi ir dažnis - jam didėjant absorbcija pastebimai mažėja. Tai yra todėl, kad rezonatoriaus efektyvumas prie aukštų dažnių mažėja, nes aukšto dažnio garso bangos pro plyšius jau praeina pirmyn ir atsispindėjusi nuo standaus paviršiaus grįžta atgal.

Fig.4 pavaizduota pakabinamų lubų bendrosios garso absorbcijos priklausomybė nuo kryžiaus formos plyšių tarp pakabinamų lubų plokštumų pločio, kai lubų aukštis nuo standaus paviršiaus lygus 25 cm. Čia: 1 - plyšių plotis nuo 5 iki 25 cm; 2 - plyšių plotis nuo 50 iki 150 cm.

Bendrosios lubų absorbcijos kitimo charakteris yra toks pat kaip ir garso absorbcijos koeficiento. Bendroji garso absorbcija apskaičiuota realiai salei, kurios ilgis yra 34 m., plotis - 22m. ir aukštis 12m. Ją skaičiuojant priimtas ne plyšių plotas o suminis plyšių ir plokštumų plotas. Šiuo atveju bendrajai lubų absorbcijai įtakos turi ir pati plokštuma, nors ji ir yra iš standžios ir kietos gerai garsą atspindinčios medžiagos. Esant plyšių pločiams didesniems kaip 50 cm. bendroji lubų absorbcija gali siekti 230 m ir žymiai daugiau. Kai plyšio pločiai yra maži pvz. 5 - 10 cm. bendroji lubų absorbcija yra mažesnė prie žemų dažnių. Prie vidutinių ir aukštų dažnių absorbcijos kitimo charakteris visais atvejais yra vienodas. Aprašyta konstrukcija atitinka atvejį, kai lubų plokštumos ilgio ir plyšio pločio santykis yra didelis ir siekia nuo 79 iki 2 t. y. plokštumos plotis yra žymiai didesnis už plyšio plotį, o pačių plokštumų išmatavimai siekia 400 ir 300 cm. Šis santykis gali keistis plačiose ribose, tai yra jis gali būti lygus ir vienetui, kada plokštumos plotis lygus plyšio pločiui.

Fig.5 pavaizduota pakabinamų lubų garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo kryžiaus formos plyšių tarp lubų plokštumų pločio, kai lubų plokštumų išmatavimai yra 20 ir 20 cm., o plyšio plotis 5 cm. Čia : 1 - atstumas nuo standaus paviršiaus yra 10 cm; 2 - 30 cm; 3 - 50 cm.

Kai plyšio ir plokštumos pločiai yra nedideli pvz. atitinkamai 5 cm. ir 20 cm. ir panašiai, tada garso absorbcijos charakteris žymiai pasikeičia - maksimali absorbcija yra prie vidutinių dažnių ir ji užima siauresnę dažnių juostą. Keičiant plyšio ir plokštumos pločius, bei atstumą iki standaus paviršiaus galime pastebimai pakeisti maksimalios garso absorbcijos dažnį ir jos juostos plotį. Tai ypač naudinga slopinant įvairaus spektrinio charakterio triukšmus. Tačiau salių akustikoje pakabinamų lubų plokštumos turi ne tik dalinai absorbuoti įvairių dažnių garso bangas, bet ir atspindėti jas į žiūrovus kryptingai ir formuoti atitinkamą garso atspindžių struktūrą. Todėl įvairiai garsą absorbuojančias konstrukcijas galima talpinti ant šoninių sienų.

Fig. 6 pavaizduota salės reverberacijos laiko priklausomybė nuo kryžiaus formos plyšių tarp pakabinamų lubų plokštumų pločio, kai jų aukštis nuo standaus paviršiaus yra 25 cm. Plokštumų išmatavimai tarp ašių yra 400 cm. ir 300 cm. Čia: 1 - plyšio plotis 5 - 25 cm; 2 - plyšio plotis 50 - 150 cm; 3 - plokštumų išmatavimai 20 ir 20 cm., plyšio plotis 5 cm., atstumas nuo standaus paviršiaus 50 cm; 4 - salės reverberacijos laikas be pakabinamų lubų.

Salių reverberacijos laikui koreguoti iki optimalaus visada būtina panaudoti atitinkamų akustinių charakteristikų medžiagas ar konstrukcijas. Norint žinoti kokią įtaką salės reverberacijos laikui turės tik pakabinamos lubos su kryžiaus formos plyšiais tarp plokštumų, jos sienų ir grindų garso absorbcijos koeficientai buvo priimti minimalūs. Todėl vidutinis visos salės be rezonansinių pakabinamų lubų garso absorbcijos koeficientas yra lygus apie 0.1. Dėl to salės reverberacijos laikas be pakabinamų lubų svyruoja nuo 5 sek. prie žemų dažnių iki 3.3 sek. prie aukštų dažnių t. y. labai didelis. Panaudojant pakabinamas lubas su kryžiaus formos plyšiais tarp plokštumų reverberacijos laikas prie žemų dažnių sumažėja net 2 sek., o prie aukštų dažnių šis sumažėjimas visai nežymus kas yra ypač svarbu. Priklausomai nuo plyšių pločio šį sumažėjimą galime reguliuoti. Jeigu pakabinamas lubas daryti lygias be plyšių, tai norint prie žemų dažnių sumažinti reverberacijos laiką net 2 sek. reikėtų panaudoti daug įvairių garsą absorbuojančių medžiagų ar konstrukcijų. Naudojant rezonansines pakabinamas lubas su kryžiaus formos plyšiais tarp plokštumų ir gaudami atitinkamą garso absorbcijos efektą, galime reguliuoti salės reverberacijos laiką visai nenaudodami salės paviršiuose garsą absorbuojančių medžiagų. Taigi gauname ženklų ekonominį efektą.

APIBRĖŽTIS

Rezonansinė garsą absorbuojanti konstrukcija, susidedanti iš lygaus paviršiaus standžios plokštumos, oro tarpo už jos, tvirtinimo prie lubų elementų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad įvairaus pločio, ilgio ir storio plokštumos išdėstytos su tarpais tarp jų, tuo suformuojant kryžiaus formos įvairaus pločio plyšius.

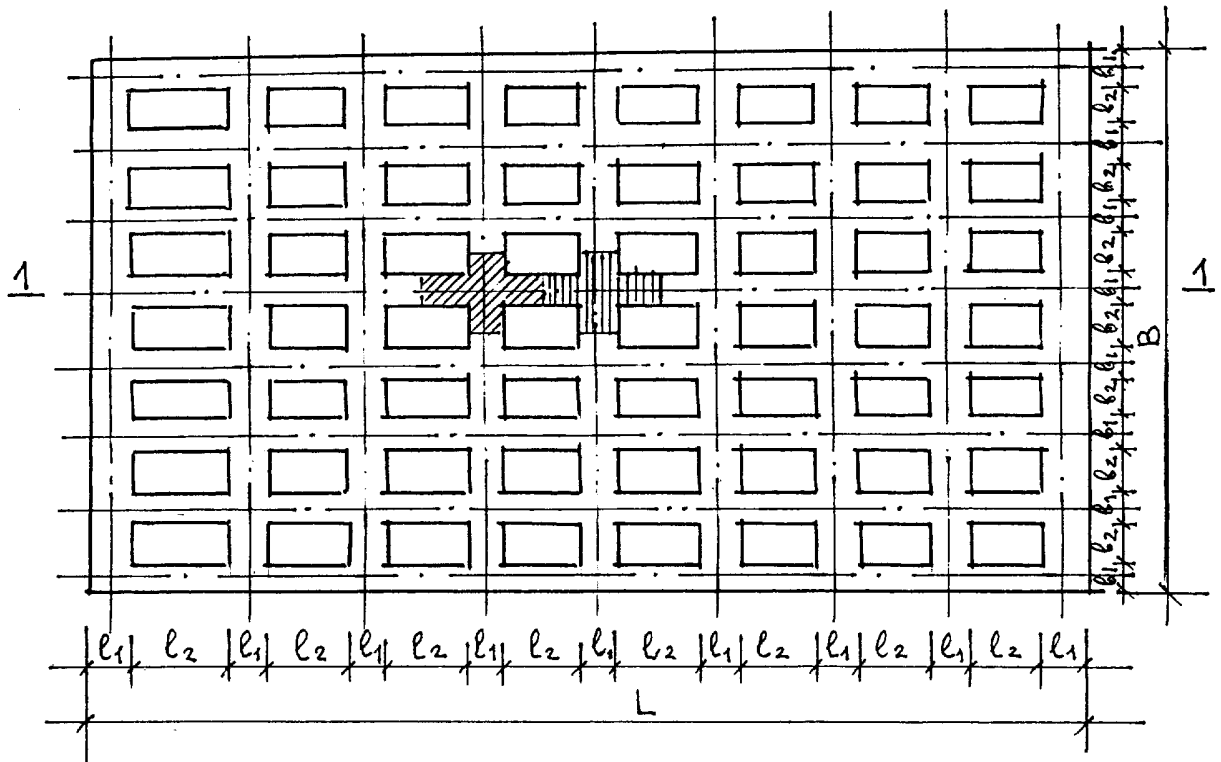


Fig. 1

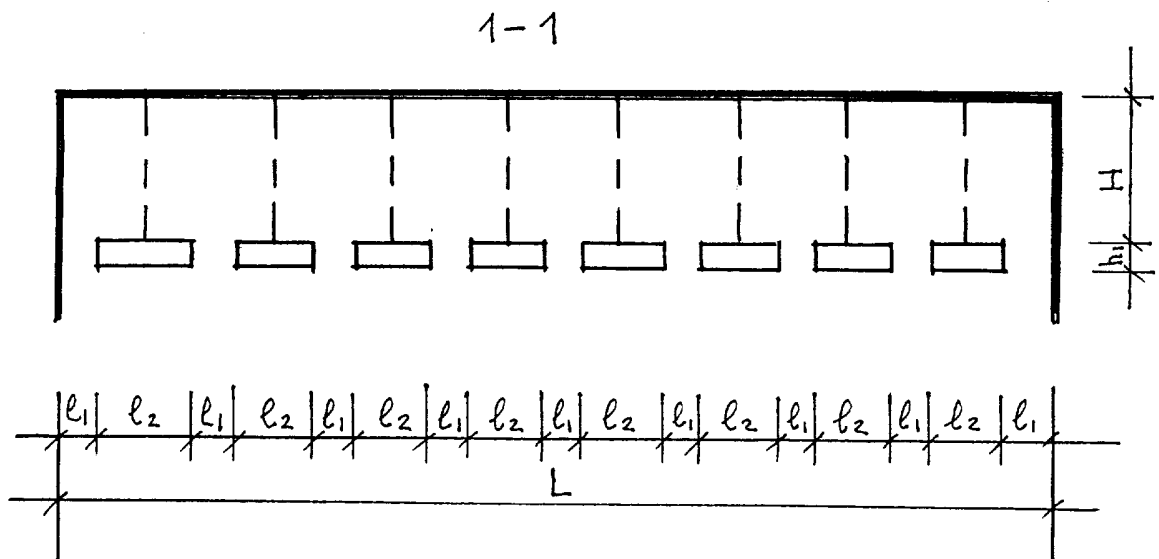


Fig. 2

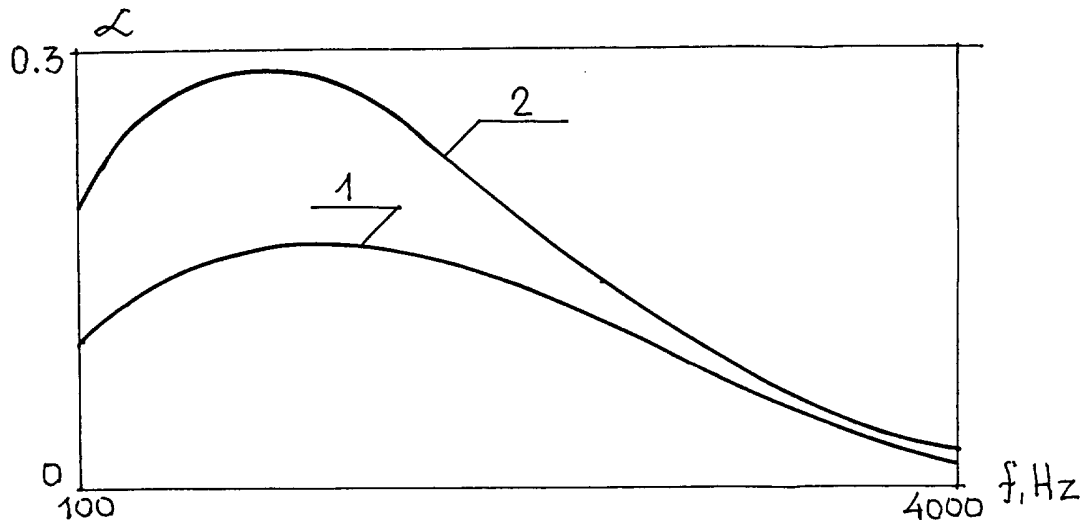


Fig. 3

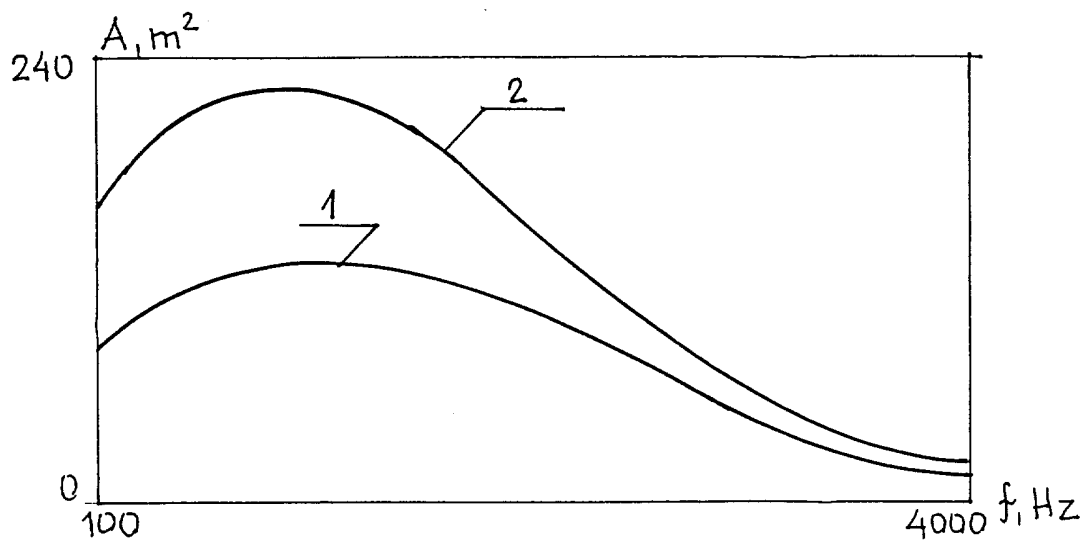


Fig. 4

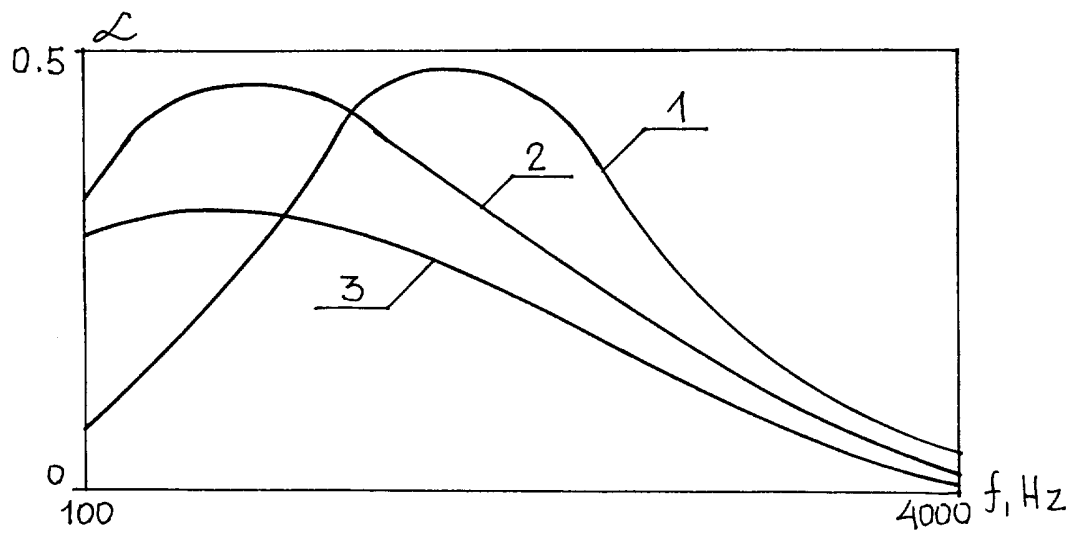


Fig. 5

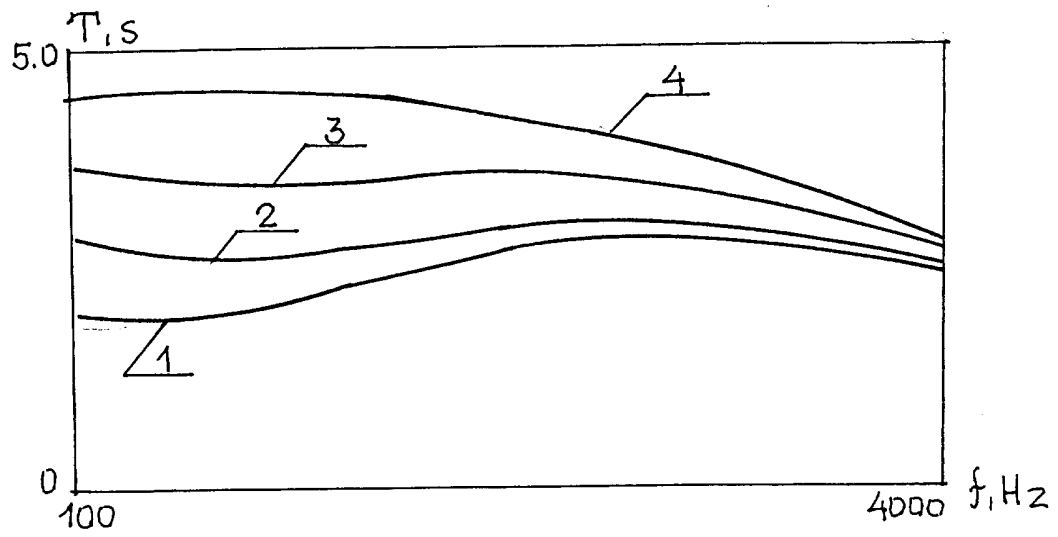


Fig. 6