

- (11) Patent numeris: **6748** (51) Int. Cl. (2020.01): **E04B 1/00**
G10K 11/00
- (21) Paraiškos numeris: **2018 035**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2018-12-10**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2020-06-25**
- (45) Patent paskelbimo data: **2020-08-10**
- (62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos numeris: —
- (86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —
- (85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —
- (30) Prioritetas: —
- (72) Išradėjas:
Pranas BALTRĖNAS, LT
Raimondas GRUBLIAUSKAS, LT
Olga KHRYSTOSLAVENKO, LT
- (73) Patent savininkas:
Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
—

- (54) Pavadinimas:

Akustinis difuzorius

- (57) Referatas:

Akustinis difuzorius priskiriamas įrenginiams, kurie perskirsto intensyvių atspindžių akustinę energiją erdvinės ir laiko dispersijos būdu. Išradimo tikslas - padidinti difuziją ir sumažinti reverberaciją patalpose. Akustinis difuzorius, pagamintas iš medienos perforuotų plokštumų, užpildytų cilindriniais medienos bioanglies elementais. Medienos bioanglis - medžiaga, kuri naudojama trikampės formos akustinių difuzorių gamybai turinti aukštą garso atspindžio koeficientą, tai yra efektyvi medžiaga difuzorių gamybai. Medienos bioanglis - ekologiškai švari ir natūrali medžiaga. Akustinis difuzorius suteikia galimybę padidinti garso difuziją, tuo pačiu, gerina patalpos akustiką. Išradimas įrengiamas koncertų salių auditorijose, įrašymo kambariuose, muziejuose.

IŠRADIMO SRITIS

Akustinis difuzorius taikomas difuzinio garso lauko sudarymui.

TECHNIKOS LYGIS

Įrenginys, taikomas garso difuzijai, leidžia kontroliuoti garso lygį patalpose. Yra žinomi skirtingų konstrukcijų difuzoriai: kreivieji, kreivalinijiniai, asimetriniai, koriniai, išlenktų paviršių, Šröderio difuzoriai, kurie apskaičiuojami atitinkamam kvadratinės liekanos difuzoriaus nuoseklumui (QRD). Visi difuzoriai yra gaminami iš kietos medžiagos. Akustiniai difuzoriai talpinami patalpų viršutiniuose kampuose, sienos ir lubų paviršių sankirtoje, priešais garso šaltinį.

Akustiniai difuzoriai garsą atspindi ir paskirsto visame patalpos tūryje. Tokiu būdu, yra suformuojamas difuzinis garso laukas.

Difuzoriai gali būti vienmačiai ir dvimačiai. Vienmatis difuzorius išsklaidys garsą horizontaliai. Dvimatis arba 2D-difuzorius išsklaidys garsą pusiau-sferiniu pavidalu, kaip horizontaliai, taip ir vertikalčiai.

Pasaulyje akustinėms problemoms spręsti taikoma originali garsą išsklaidanti konstrukcija, pavadinta Šröderio difuzoriumi. Šröderio difuzoriaus privalumas su kitais difuzorių tipais yra toks, kad taikant jį, galima pasiekti aukštą garso energijos išsklaidymo laipsnį.

Visame pasaulyje yra vykdomi tyrimai, nukreipti ekologiškai švarių ir ekonomiškai naudingų garso atspindžių sprendimų kūrimui sprendžiant aplinkos taršos problemas. Tokia medžiaga kaip mediena ir jos gaminiai gali būti pritaikyti kaip pigūs ir ekologiškai saugūs akustiniai sprendimai. Akustikoje egzistuoja problema dėl medžiagos pasirinkimo iš kurios bus pagamintas difuzorius, nes medžiagos atspindžio koeficientas turi būti pakankamai aukštas. Tai reiškia, kad paprastos putos, pemza, gipsas yra netinkami, nes jie sugeria garso energiją. Medžiagos, turinčios pakankamai aukštą atspindžio koeficientą, yra tinkamos difuzorių gamybai.

Patentas US20120018247A1 pleišto formos, akustinis difuzorius išsklaido ir atspindi garsą. Pastarąjį difuzorių sudaro skirtingo gylio ląstelės, kurios išsklaido garsą. Išradimas turi įgilinimus, kurie leidžia išsklaidyti skirtingų dažnių garsą - nuo žemų iki aukštų dažnių. Įgilinimų gylis gali būti pasirinktas taikant skaičiavimus. Difuzorius iš esmės yra įrenginys su besikeičiančiais ląstelių gyliais.

Akustinės konstrukcijos trūkumas yra tai, kad difuzoriaus gamyboje yra naudojamos medžiagos, kurių atspindžio koeficientas nepakankamai didelis. Trūkumas yra tame, kad stačiakampės plokštumos ne taip efektyviai išsklaido garso, nei kitų formų plokštumos.

IŠRADIMO ESME

Išradimo tikslas – padidinti difuziją ir sumažinti garso reverberaciją patalpoje. Difuzorių taikymo sritis apsiriboja difuzinio garso lauko sukūrimu ir „erdvinio“ skambesio pagerinimu.

Akustinis difuzorius yra trikampio formos ir sudarytas iš perforuotų plokštumų, su cilindro formos elementų perforacija. Trikampis akustinis difuzorius išsklaido garso bangas ir atspindi dėl savo nelygių paviršių. Sukurtas difuzorius sudarytas iš skirtingo gylio įgilinimų. Gylio kintamosios suteiks tolygumo garso sklaidai.

Konstrukcija sudaryta iš medinių perforuotų plokštumų, kurių kiaurymės užpildytos cilindro formos elementais iš medienos bioanglies. Trikampio formos plokštumos gerai paskirsto atspindėtą garso skirtingose padėtyse šaltinio atžvilgiu ir padidina garso lauko difuzijos lygį patalpoje. Medžiagos, iš kurių yra pagaminta ši konstrukcija, yra aplinkai draugiškos.

Akustinis difuzorius, gali būti taikomas sprendžiant šiuos uždavinius: garso sklaida kambaryje, kalbos suvokimo gerinimas auditorijose, koncertų salėse, aidų šalinimas.

Kai garso banga sutinka kliūtį, įvyksta garso bangos atspindys. Atspindžio efektyvumas charakterizuojamas atspindžio koeficientu. Yra atlikti medienos bioanglies cilindrinio elementų garso atspindžio koeficiento tyrimai lyginant su mediena.

Atlikus tyrimų rezultatų analizę nustatyta, kad medienos bioanglies atspindžio koeficiento vertė siekia 0,98. Gauta vertė atitinka labai aukštą atspindžio rodiklį, bei galimybę šią medžiagą taikyti difuzorių gamybai. Remiantis tyrimais, cilindrinis medienos bioanglies elementas turi aukštesnį garso atspindžio koeficientą nei medienos paviršius.

Medienos paviršiaus garso atspindžio koeficientas kinta intervale 0,65–0,9, ši

vertė yra mažesnė nei medienos anglies atspindžio koeficiento. Šis medienos bioanglies privalumas leidžia jį taikyti kaip medžiagą garso atspindžiui, o cilindriniai medienos bioanglies elementai mažina absorbciją.

Akustinis difuzorius sudarytas iš perforuotų plokštumų, užpildytų medienos bioanglies cilindriniais elementais, pakeičia esamą erdvės akustiką dėl atspindėtos akustinės energijos išsklaidymo įvairiomis kryptimis, kaip horizontaliai, taip ir vertikaliai. Papildomas išsklaidymas vyksta garso energijai patenkant ant trikampių difuzoriaus dalių. Trikampis akustinis difuzorius išsklaidys stovinčias bangas, kurios kaupiasi dvejose lygiagrečiose kambario sienose.

Šrėderio difuzoriai, kurių konstrukcija paremta skaičių teorija, yra puiki priemonė difuzinio garso lauko sukūrimui skirtingos paskirties patalpose. Faktiškai Šrėderio difuzorius yra difrakcinė gardelė, kuri išsklaido krintančią į ją garso energiją plačiame dažnių diapazone, net esant dideliame kritimo kampui.

Šrėderio difuzoriaus apskaičiavimas. Šrėderio difuzorius sudarytas iš skirtingo gylio ląstelių serijos, bet vienodo pločio, suformuotų mediniame difuzoriaus korpuse.

Difuzoriaus konstrukcija paremta kvadratinio išskaičiavimu iš skaičių teorijos, taikant matematinio nuoseklumo skaičiavimą, kuris nustatomas santykiu:

$$s_n = n^2 \text{ modulo } (N), \text{ kur}$$

s_n – difuzoriaus ląstelių santykinio gylio verčių seka,

n – neneigiamas pilnas sveikas skaičius $\{0, 1, 2, 3 \dots\}$, apsprendžia atitinkantį ląstelės numerį,

N – pirminis skaičius $\{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17 \dots\}$. (Paprastasis skaičius, tai skaičiai, išskyrus 0 ir 1, kurie dalinasi tik iš savęs ir vieneto).

Ląstelių skaičiaus atitikimas galingumui yra žinomas kaip kvadrato operacija. Operatoriaus modulo taikymas dalina skaičių iš modulo ir išsaugo tik liekaną.

Nuoseklus kvadratinis išskaičiavimo iš skaičių teorijos pavyzdys:

$$N=5: 0 \ 1 \ 4 \ 4 \ 10$$

$$N=7: 0 \ 1 \ 4 \ 2 \ 2 \ 4 \ 10$$

$$N=11: 0 \ 1 \ 4 \ 9 \ 5 \ 3 \ 3 \ 5 \ 9 \ 4 \ 10$$

N=13: 0 1 493 12 10 10 123 9410

N=17: 0 1 49 1682 1513 13 1528 16941 0

Ląstelių gylis d_n difuzoriaus konstrukcijoje priklauso nuo jo projekcinio dažnio f_0 :

$$d_n = s_n \times c / (f_0 \times 2 \times N),$$

d_n – ląstelės gylis, kurios eilės numeris n ,

f_0 – projektinis difuzoriaus dažnis, Hz

c – garso greitis ore, m/s

N – paprastas skaičius (difuzoriaus eilė), atitinkantis ląstelių skaičiui.

Ląstelės W turi būti mažos palyginus su difuzoriaus bangos reikšme $W=(0,137 \times c)/f_0$. Difuzoriaus veikimo diapazonas priklauso nuo linijinių difuzoriaus ląstelių dydžių. Apatinė difuzoriaus veikimo diapazono riba f_{low} priklauso nuo giliausios ląstelės dydžio. Viršutinė difuzoriaus veikimo riba f_{high} priklauso nuo ląstelės pločio vertės W .

Difuzoriaus skaičiavimo pavyzdys. Difuzoriaus skaičiavimas projektiniam 550 Hz dažniui (kuriame išsklaidymas efektyviausias). Šios vertės atitinka didžiajai vidutinių dažnių daliai, kurios reikšmingai paveikia garso atsistatymą.

Atliktais skaičiavimais buvo gauta, kad difuzoriaus veikimo diapazonas yra nuo 412,5 iki 2007,3 Hz. Ląstelės skaičiuotasis plotis siekia 9 cm, o difuzoriaus dydis, kuris susideda iš septynių elementų, kurių plotis 63 cm. Difuzoriaus garso energijos išsklaidymo diagrama yra pusės cilindro formos. Kai difuzorius yra kvadrato formos, priekinė dalis turi būti analogiška plociui tam, kad būtų galima orientuoti jį erdvėje. Apskaičiuotam difuzoriui yra pakankamas 120 cm aukštis.

BRĖŽINIŲ PAVEIKSLŲ APRAŠYMAS

Paveiksluose yra pateiktas trikampis akustinis difuzorius iš perforuotų plokštumų, kurių kiaurymės yra užpildytos cilindriniais medienos bioanglies elementais.

Pav. 1. Akustinis difuzorius iš perforuotų plokštumų, kurių kiaurymės užpildytos cilindriniais medienos bioanglies elementais

Pav. 2. Akustinis difuzorius, vaizdas iš viršaus

Pav. 3. Akustinis difuzorius, perforuotų plokštumų vaizdas

Pav. 4. Akustinis difuzorius, plokštumos iš apatinio difuzoriaus paviršiaus vaizdas

Pav. 5. Akustinis difuzorius, Pjūvio vaizdas

Pav. 6. Cilindrinis medienos bioanglies elementas

Pav. 7. Perforacija, užpildyta cilindriniais medienos bioanglies elementais

Pav. 8. Medienos bioanglies garso atspindžio koeficiento priklausomybė nuo dažnio

Pav. 9. Medinio paviršiaus garso atspindžio koeficiento priklausomybė nuo dažnio

Lentelė 1. Ląstelės gylio skaičiavimo rezultatai

IŠSAMUS IŠRADIMO APRAŠYMAS

Difuzorius sudarytas iš priekinės plokštumos (1), šoninės plokštės (2), apatinės plokštumos (3), pakreiptų trikampių formos plokštumų (4), apatinės pakreiptos plokštumos (5), ląstelių (6), cilindrinų medienos bioanglies elementų (7), apatinės plokštumos (8), vidinių elementų perforuotų šoninių skirtuvų (9), perforacijų (10).

Veikimo principas

Akustinis difuzorius išsklaido garsą nuo 100 Hz - priklausomai nuo ląstelių gylio ir skaičiaus. Akustinis difuzorius dažniausiai įrengiamas priešais garso šaltinį, ant sienų ir lubų, o kartais – frontalinės sienos centre. Garso banga taikant tam tikro nustatyto priekinių nuožulnių plokštumų (5), (4) eiliškumą, tolygiai atsispindi atgal į erdvę (išsklaidymas įvyksta pusiau apvaliu pavidalu), taip pat kelyje mažinant savo energiją atspindžio metu ir ilginant garso grįžimo trukmę pas klausytoją. Pakreiptos trikampio formos plokštumos sudaro kampų aibę su apatine pakreipta plokštuma (5), taip pat kaip ir viršutinės plokštės (1). Tokia konstrukcija yra sujungta apatine akustinio difuzoriaus dalimi (8). Pakreiptos plokštumos (4), (5) yra apytiksliai tokio pat ilgio. Nurodytos pakreiptos plokštumos yra skirtingų aukščių, kurių dydžiai nustatomi užduota skaičių seka. Plokštumos, pakreiptos (4) tarp 0 ir 90 laipsnių kampu, nurodytos nuožulnios plokštumos perskirtos iš šonų skirtuvais (9). Paveiksluose 1 ir 5 rodykle parodyta, kaip garso banga juda nuo garso šaltinio ir patenka ant difuzoriaus pakreiptų trikampių plokštumų (4,5) paviršiaus, po to garso banga atsispindi nuo nelygių difuzoriaus paviršių. Nurodytos gretimos plokštumos (4), (5) ir skirtuvų (9) plokštumos sudaro netaisyklingos formos ląstelių (6) aibę. Nurodyti skirtuvai (9) yra apytiksliai vienodo ilgio kaip ir pakreiptos plokštumos (4), (5). Nurodyta pakreiptų plokštumų ir skirtuvų struktūra gali būti sujungta viena ar dviem pusėmis papildoma medžiaga, kuri yra apytiksliai tos pačios formos (1), (3), kaip ir skirtuvai (9). Nurodyta struktūra gali būti sujungta viena ar daugiau pusėmis trikampio formos medžiagos dalimi (2). Erdvės tarp priekinės plokštumos (1), šoninių plokščių (2) ir apatinės plokštumos (3), vadinamos ląstelėmis (6). Ląstelių gyliai gali kisti pridėdant pakreiptas trikampio formos plokštumas (4), atspindintys ląstelių paviršiai sujungiami apatine briauna, sujungiamos skirtingais atstumais nuo priekinio kampo viršutinio šono. Ląstelių gylis (6) suteikia galimybę išsklaidyti platesnį dažnių diapazoną. Garso sklaidimas į ląstelių (6) vidų yra lydimas daugkartinių vietinių bangų atspindžių, dėka

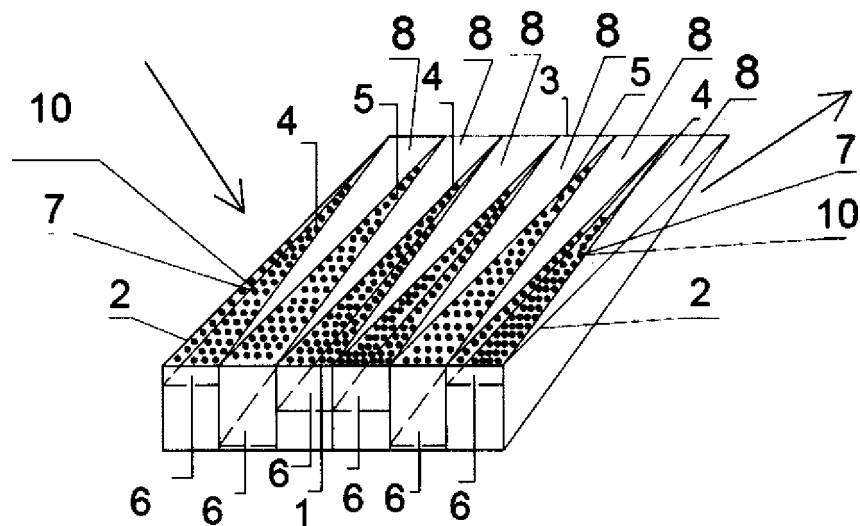
to, bangos praėjimo keliai yra skirtingų ilgių, skirtingai užlaikant išėjimo į išorę momentą. Tokiais veiksmais yra tolygiai išsklaidoma energija išlaikant jos bendrą intensyvumą. Ląstelių skaičiaus didėjimas Šröderio difuzoriuje lemia tolygesnį projekcinio dažnio energijos išsklaidymą. Difuzoriaus darbo dažnių diapazonas priklauso nuo ląstelių gylių ir jų intervalų svyravimų. Kuo šie parametrai yra mažesni, tuo aukštesniuose dažniuose vyksta išsklaidymas. Ant pakreiptų plokštumų yra perforacijų (10), kurios yra užpildytos cilindriniais medienos bioanglies elementais (7), kurios didina difuzoriaus atspindėtos energijos intensyvumą.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

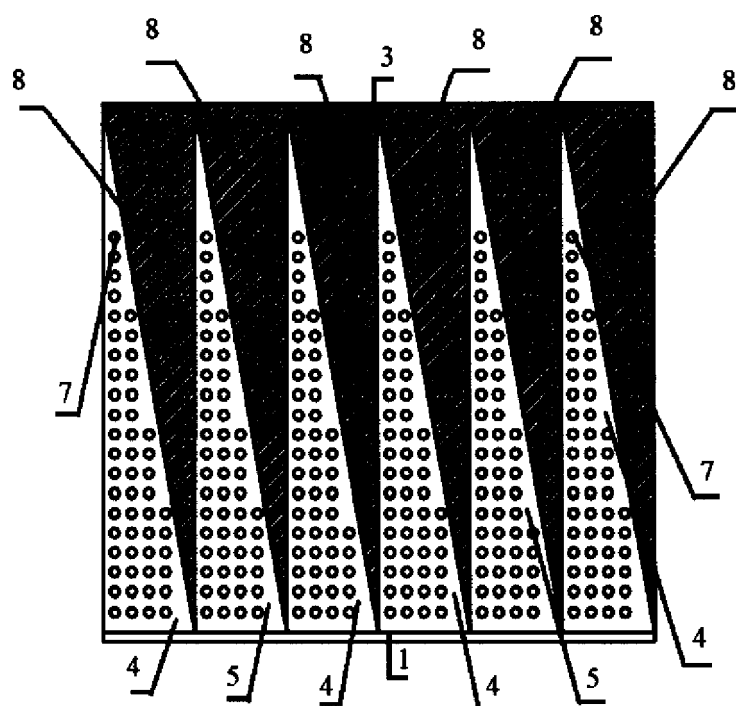
1. Akustinis difuzorius, kurį sudaro įgilintos skirtingo gylio ląstelės, iš medinių pleišto formos plokštumų, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad įgilinimai ląstelių pavidalu (6) pagaminti iš medinių nuožulnių trikampio formos plokštumų su perforacija (10, 4, 5), kurių kiaurymės užpildytos cilindrinės formos medienos bioanglies elementais (7).

2. Akustinis difuzorius pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad nuožulnių medinių plokštumų perforacija sudaro 75%.

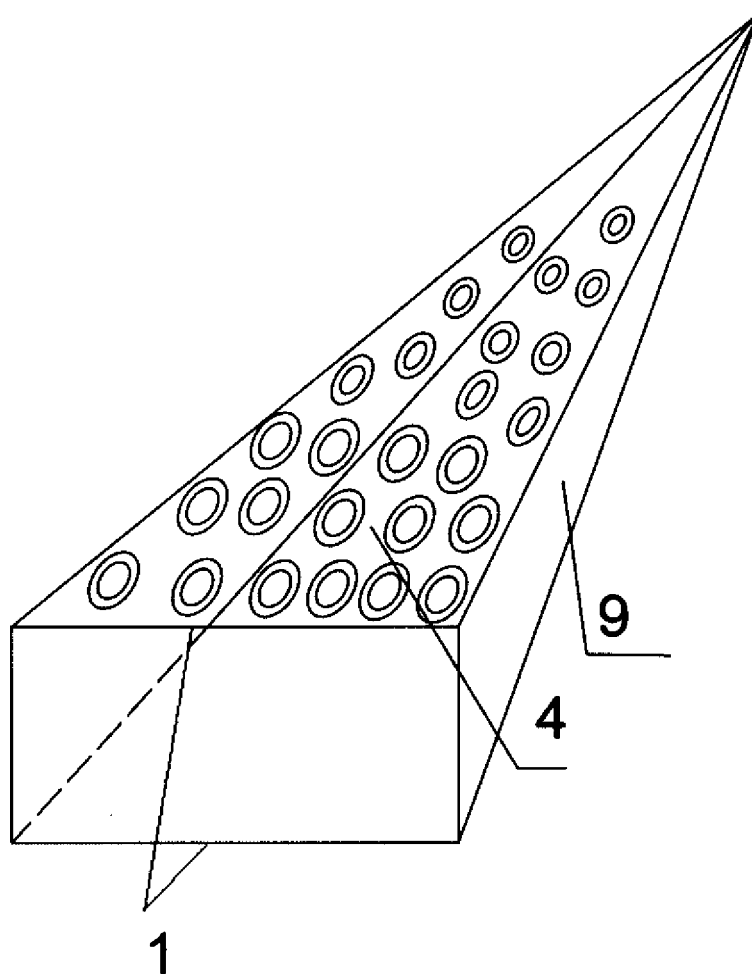
3. Akustinis difuzorius pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad medienos cilindrinės formos bioanglies elementų skersmuo 20–40 mm.



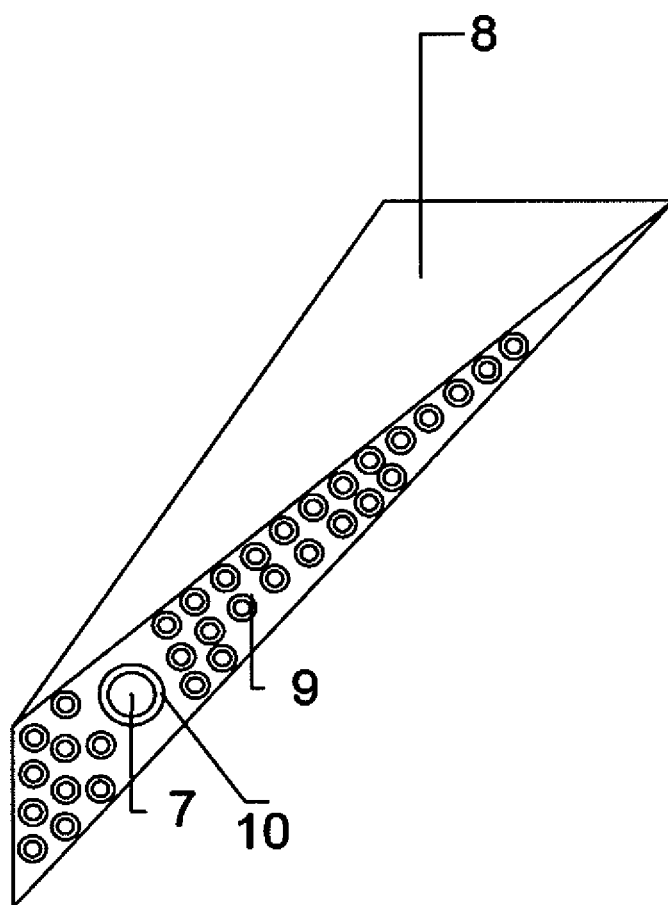
1 pav.



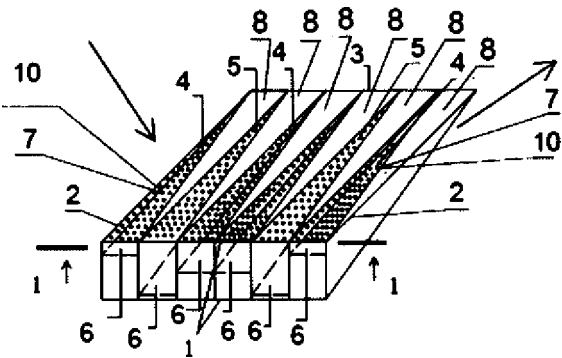
2 pav.



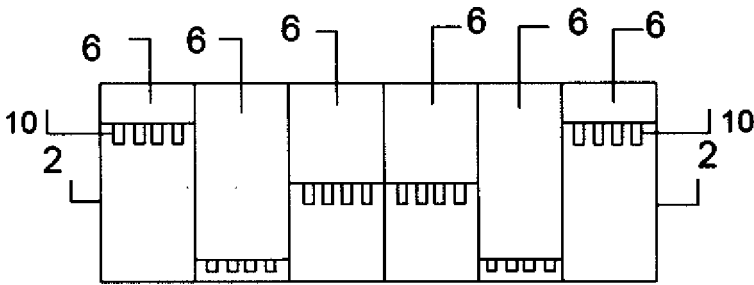
3 pav.



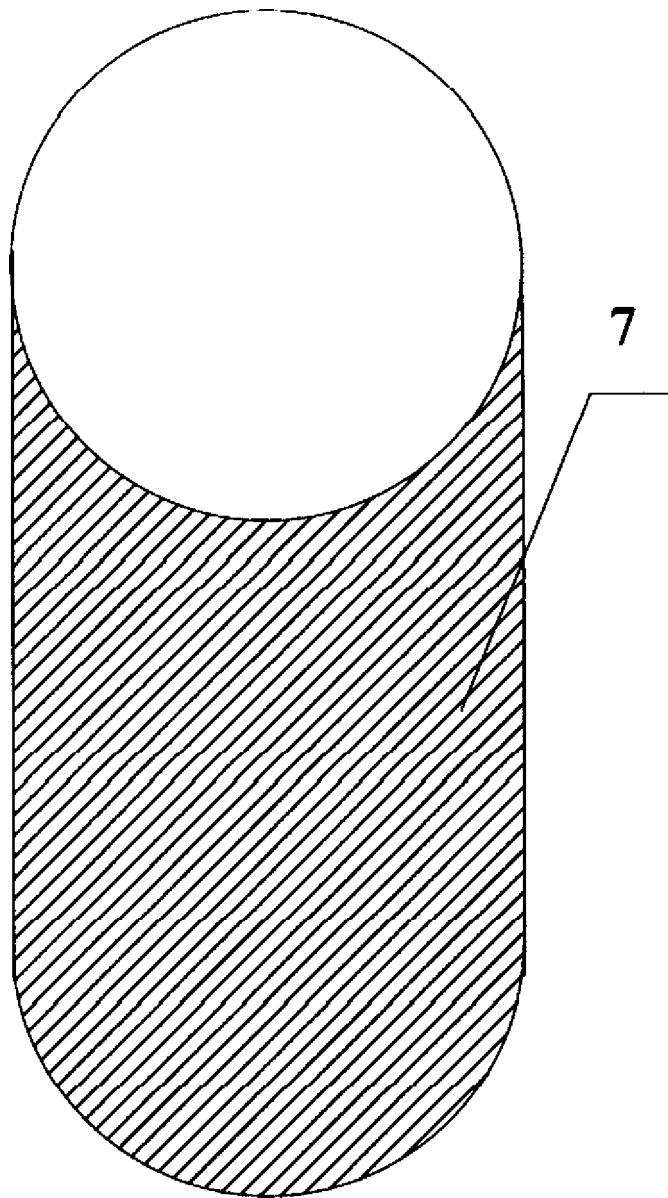
4 pav.



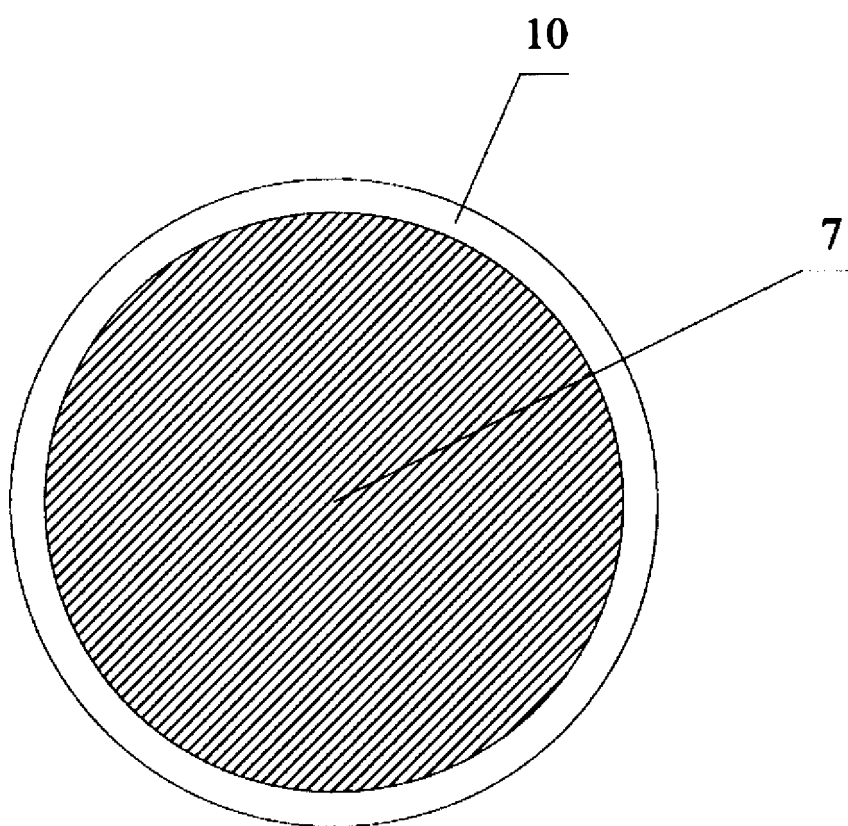
1-1



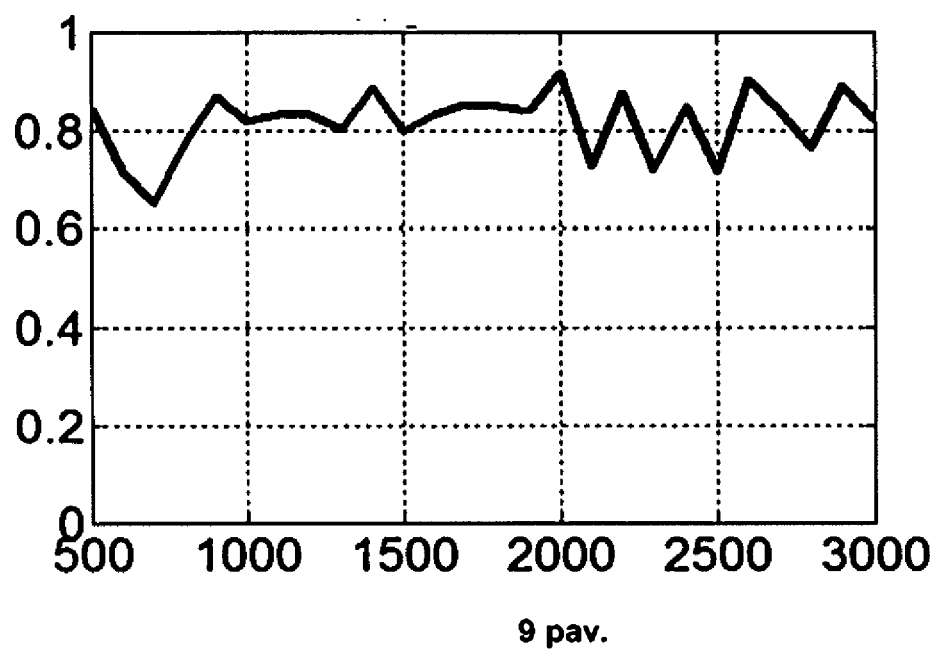
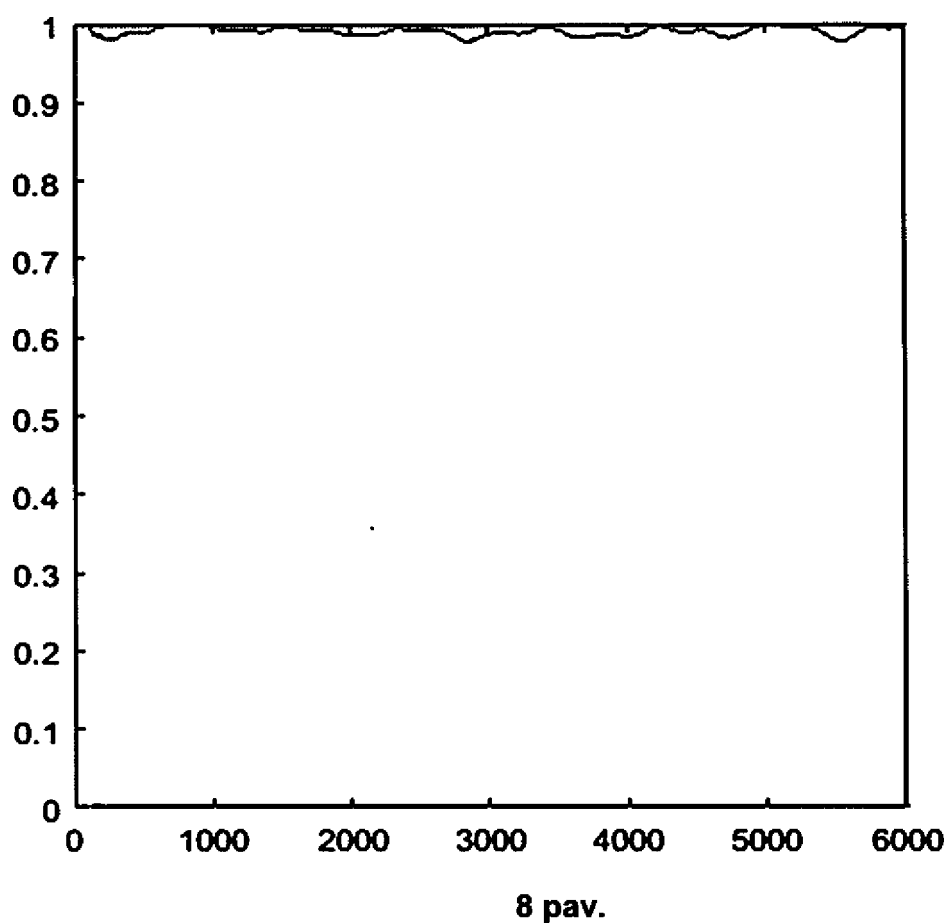
5 pav.



6 pav.



7 pav.



Lentelė 1. Ląstelės gylis skaičiavimo rezultatai

Ląstelės numeris	Ląstelės gylis, cm
1	4,5
2	17,9
3	8,9
4	8,9
5	17,9
6	4,5
7	0