

AKYTOJO BETONO GARSO ABSORBCIJOS TYRIMAI

A. Laukaitis , V. Lasauskas , A. Laukaitis & V. Lasauskas

To cite this article: A. Laukaitis , V. Lasauskas , A. Laukaitis & V. Lasauskas (1996)
AKYTOJO BETONO GARSO ABSORBCIJOS TYRIMAI, Statyba, 2:8, 67-72, DOI:
[10.1080/13921525.1996.10590174](https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10590174)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1996.10590174>



Published online: 01 Nov 2012.



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



Article views: 94



Citing articles: 1 View citing articles [↗](#)

AKYTOJO BETONO GARSO ABSORBCIJOS TYRIMAI

A. Laukaitis, V. Lasauskas

1. Įvadas

Viena iš teigiamų akytojo betono savybių yra galėjimas absorbuoti garso bangas. Užsienio šalių literatūroje nedaug duomenų apie akytojo betono garso absorbciją. Dažniausiai buvo nustatomas garso bangų absorbcijos koeficientas Itong, Hebel, Siporeks firmų didesnio tankio (500-600 kg/m³) gaminių, kurie naudojami kaip konstrukcinė medžiaga. Be specialaus apdorojimo tokių gaminių garso absorbcijos koeficientas yra labai nedidelis [1, 2].

Termoizoliacijos instituto mokslininkai yra ištyrę 300-500 kg/m³ tankio akytojo betono garso bangų absorbcijos priklausomybę nuo gaminių tankio, struktūros, storio bei gaminių paviršiaus mechaninio apdorojimo [3-7]. Šiame straipsnyje pateikiami akytojo betono garso absorbcijos tyrimo rezultatai, apimantys anksčiau skelbtus bei naujus duomenis.

2. Tyrimų metodika

Normalinis garso absorbcijos koeficientas buvo nustatytas interferometru naudojant firmos "Briul ir Kjer" aparatūrą [8]. Pavyzdžių reverberacinis garso absorbcijos koeficientas α buvo nustatytas Termoizoliacijos instituto reverberacinėje kameroje, naudojant 12 m² bandomąsias konstrukcijas, išdėstytas ant kameros grindų [9]. Akytojo betono banginiai para-

metrai (santykinė banginė varža ir plitimo konstanta), apibūdinantys garso bangų elgseną porėtose terpėse, buvo nustatyti akustiniu interferometru [10].

3. Rezultatai ir jų aptarimas

Nustatyti 350 kg/m³ tankio akytojo betono banginiai parametrai [11] pateikti 1 lentelėje. Čia: W - santykinė banginė varža; a - realioji santykinės banginės varžos komponentė; b - menamoji santykinės banginės varžos komponentė; α - realioji plitimo konstantos komponentė; β - menamoji plitimo konstantos komponentė. Iš 1 lentelės matome, kad didėjant dažniui santykinės banginės varžos komponentių absoliučios vertės mažėja, o plitimo konstantos komponentės - didėja.

Akytojo betono santykinės banginės varžos modulis yra didesnis už oro banginę varžą ($W=1$), todėl šią akytą medžiagą galima priskirti medžiagai su didele varža oro srautui, t.y. medžiagoms su patenkinama garso absorbcija.

Nustačius banginių parametru reikšmes, įvairaus storio akytojo betono bandinių normalinius garso absorbcijos koeficientus galima apskaičiuoti pagal formules [12, 13]:

$$\alpha_0 = \frac{4x}{(x+1)^2 + y^2}, \quad (1)$$

1 lentelė. Akytojo betono banginiai parametrai

Table 1. Porous concrete wave parameters

Dažnis, Hz	Santykinė banginė varža W		Plitimo konstanta γ	
	a	b	α, m^{-1}	β, m^{-1}
125	17.1	-11.0	36.6	36.1
250	13.6	-4.9	43.1	44.9
500	11.4	-3.3	52.8	73.1
1000	9.7	-1.9	71.9	101.0
2000	8.5	-0.5	102.8	104.8

čia:

$$x = \frac{a \cdot \operatorname{sh}(2\alpha l) + b \cdot \sin(2\beta l)}{\operatorname{ch}(2\alpha l) - \cos(2\beta l)}, \quad (2)$$

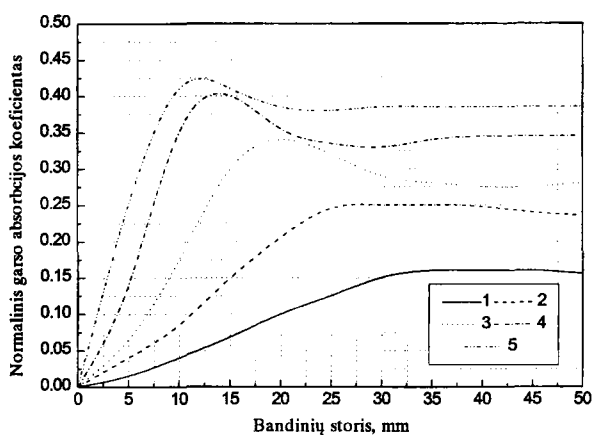
$$y = \frac{b \cdot \operatorname{sh}(2\alpha l) - a \cdot \sin(2\beta l)}{\operatorname{ch}(2\alpha l) - \cos(2\beta l)}. \quad (3)$$

Čia: α_0 - normalinis garso absorbcijos koeficientas; l - bandinio storis, m; x - bandinio impedanso realioji komponentė; y - bandinio impedanso menamoji komponentė.

Normalinio koeficiento priklausomybė nuo bandinio storio pateikta 1 paveiksle. Jame matome, kad 35 mm ir storesnių bandinių normalinis garso absorbcijos koeficientas nekinta. Tai reiškia, kad tokio storio bandinių impedansas sutampa su medžiagos bangine varža, t.y. gaminiai tiriamame dažnių diapazone atliks begalinės terpės vaidmenį. Tokiais atvejais garsą absorbuojančių gaminių akustinis efektyvumas nesikeis net konstrukcijose su oro tarpu (kabamosios lubos).

Mažėjant akytojo betono tankiui, kaip ir reikėjo tikėtis, garso absorbcijos koeficientas didėja (2 pav.). 2 paveiksle vidutinio normalinio garso absorbcijos koeficiento (aritmetinis vidurkis reikšmių esant nurodytiems dažniams) priklausomybė nuo bandinio tankio yra tiesinė linija (3 pav.).

2 paveikslo vidutinių reikšmių priklausomybės aprašomos tiesine lygtimi (3 pav.).



1 pav. Akytojo betono normalinio garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo bandinių storio, kai dažnis Hz: 1 - 125; 2 - 250; 3 - 500; 4 - 1000; 5 - 2000

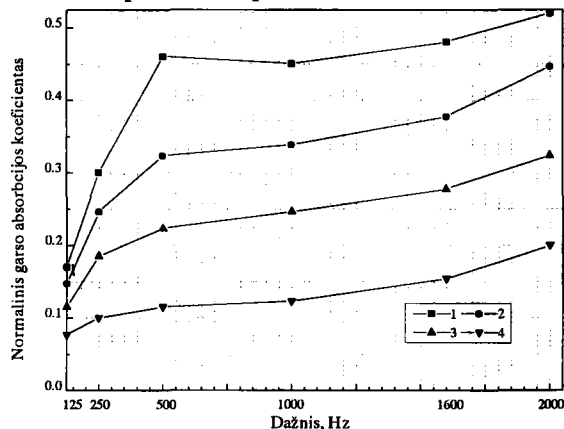
Fig. 1. Porous concrete normal sound absorption coefficient dependency on sample thickness at frequencies, Hz: 1 - 125; 2 - 250; 3 - 500; 4 - 1000; 5 - 2000

Tačiau garso absorbcijos koeficientas priklauso ne tik nuo akytojo betono tankio, bet ir nuo jo rūšies. Tokio pat tankio akytojo betono garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo akytojo betono rūšies parodyta 4 paveiksle.

Nevienodas tokio pat tankio akytojo betono garso absorbcijos koeficiento reikšmės galima paaikškinti skirtinga įvairių rūšių akytojo betono gaminių struktūra, t.y. pasikeičia porų matmenys, jų kiekis bei pasiskirstymas (5 pav., 2 lentelė).

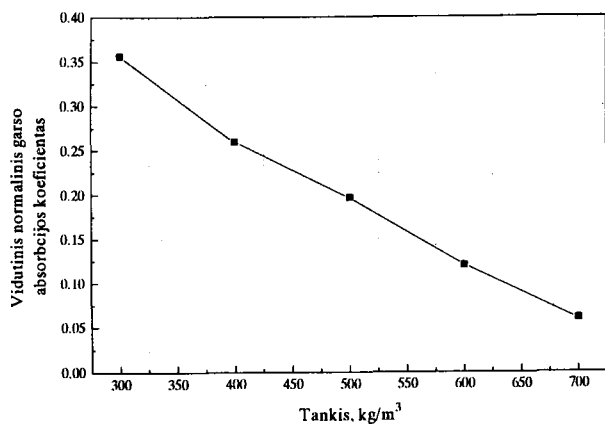
Akustinių plokščių gamyba iš akytojo betono parodė, kad 280-350 kg/m³ tankio akytojo betono gaminiai nėra pakankamai stiprūs. Todėl buvo nuspręsta padidinti akytojo betono, naudojamo akustiniams gaminiams, tankį iki 460 kg/m³. Tačiau 2 paveiksle pateikti tyrimo rezultatai rodo, kad tokių gaminių garso absorbcijos koeficientas gerokai sumažėja. Siekiant padidinti garso absorbcijos koeficientą, plokštėse buvo išpjauti specialūs skirtingų formų rezonatoriai ("Helmholco" rezonatoriai). Išpjovų formos įtaka garso absorbcijai parodyta 6 paveiksle (išpjovų žingsnis 22 mm).

Matavimai reverberacinėje kameroje parodė, kad išpjovus akytajame betone sudėtingesnės formos rezonatorius arba padidinus jų tūrį, garso absorbcijos koeficientas didėja. Tačiau pagaminti plokštės su sudėtingos formos rezonatoriais yra labai sunku. Daug paprasčiau išpjauti taisyklingos cilindrinės formos rezonatorius. Plokščių su taisyklingais sferos formos rezonatoriais reverberacinis garso absorbcijos koeficientas pateiktas 7 paveiksle.

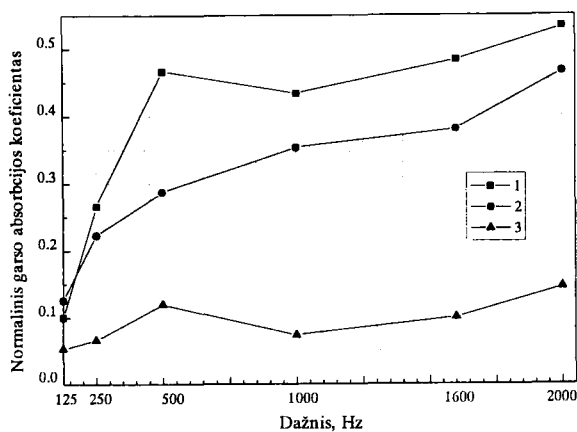


2 pav. Normalinio garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo dažnio, kai dujų silikatbetonio tankis, kg/m³: 1 - 280; 2 - 380; 3 - 470; 4 - 670

Fig. 2. Normal sound absorption coefficient dependency on frequency at cellular silicate density, kg/m³: 1 - 280; 2 - 380; 3 - 470; 4 - 670

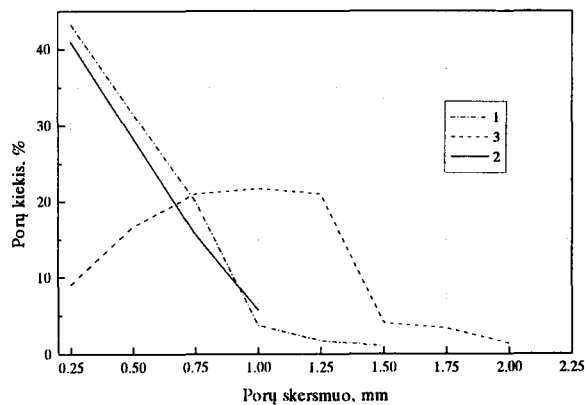


3 pav. Vidutinio garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo akytojo betono tankio
Fig. 3. Average sound absorption coefficient dependency on porous concrete density



4 pav. Akytojo betono garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo dažnio: 1 - dujų silikatbetonis; 2 - putų-dujų silikatbetonis; 3 - putbetonis

Fig. 4. Porous concrete sound absorption coefficient dependency on frequency: 1 - cellular silicate concrete; 2 - foam-gas cellular concrete; 3 - foam concrete



5 pav. Porų pasiskirstymas aktyjame betone: 1 - putbetonis; 2 - putų-dujų silikatbetonis; 3 - dujų silikatbetonis
Fig. 5. Distribution of pores in porous concrete: 1 - foam concrete; 2 - foam-gas silicate concrete; 3 - gas silicate concrete

Dėl išpjovų akytojo betono plokštėse mažėja plokščių paviršiaus akustinė varža, todėl didėja garso absorbcijos koeficientai (7 pav., 2 ir 3 kreivės).

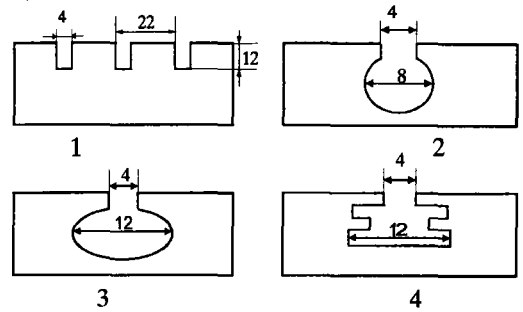
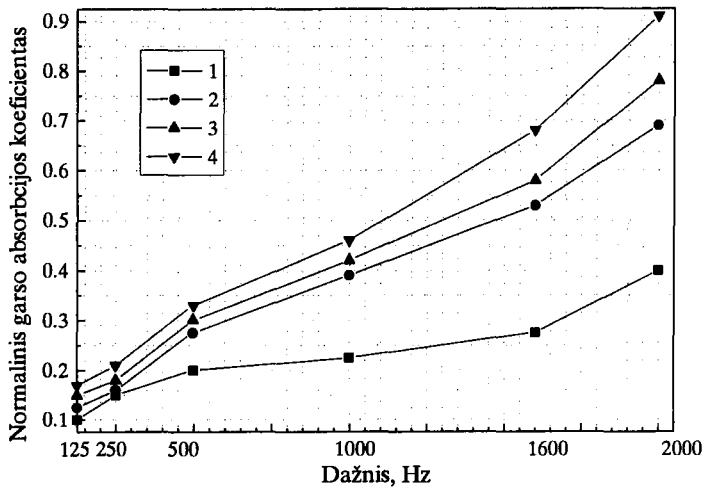
Daugelio tirtų konstrukcijų garso absorbcijos koeficientai yra didesni už 1. Tai aiškinama sudėtinga garso bangų elgsena panašaus tipo konstrukcijose (garso difrakcijos reiškiniai plokščių kraštuose) [14].

Akytojo betono plokštės su abiejose plokščių pusėse išpjautais minėtų formų rezonatoriais galima naudoti erdvinėse konstrukcijose mažinant triukšmą gamybinėse patalpose. Šiuo atveju konstrukcijos garso absorbcijos koeficientas priklauso nuo plokščių išdėstymo erdvėje būdo. Ištirtos trijų tipų erdvinės konstrukcijos (8 pav., 3 lentelė).

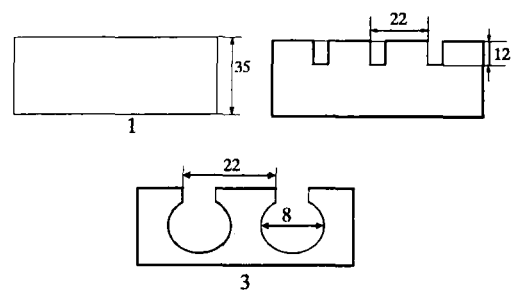
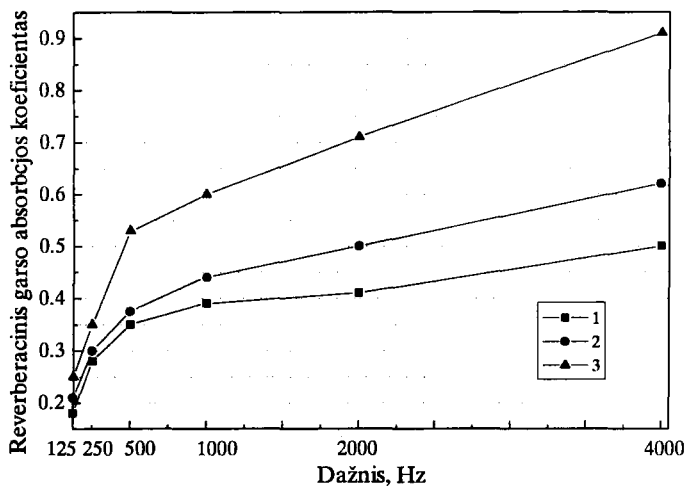
2 lentelė. Akytojo betono porų struktūra

Table 2. Porous concrete pore structure

Rodiklio pavadinimas	Mato vienetas	Dujų silikatbetonis	Putų-dujų silikatbetonis	Putbetonis
Porų kiekis: makroporos	%	74.6	72.0	75.5
mikroporos	%	14.9	17.5	14.0
Porų kiekis plokštumoje: makroporos	vnt./m ³	69	200	219
mikroporos	vnt./m ³	370	437	349
Porų kiekis tūrio vienetu: makroporos	vnt./m ³	375	3106	3525
mikroporos	vnt./m ³	10560	12404	9920
Vidutinis porų skersmuo plokštumoje	mm	0.587	0.338	0.335
Vidutinis porų skersmuo tūryje	mm	0.624	0.382	0.372
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	mm	0.297	0.149	0.137
Vidutinis sienelių storis tarp porų	mm	0.373	0.245	0.207
Porų paviršiaus plotas tūrio vienetu	mm ² /cm ³	680	1142	1180



6 pav. Rezonatorių formos įtaka aktyvo betono garso absorbcijos koeficientui
 Fig. 6. Porous concrete resonator form influence on sound absorption coefficient

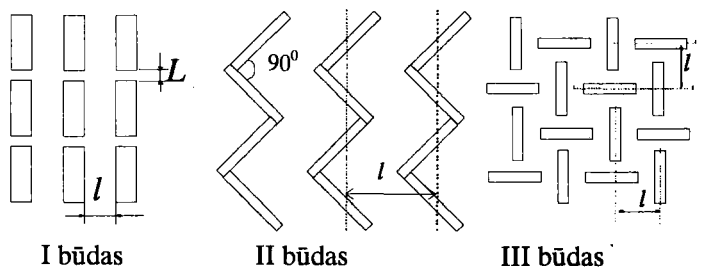


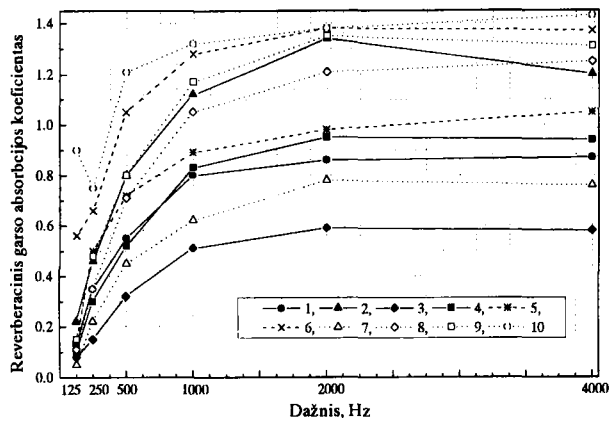
7 pav. Išpjovos formos įtaka 460 kg/m³ tankio aktyvo betono plokščių garso absorbcijai: 1 - plokštės be išpjovų; 2 - stačiakampės išpjovos ("Styga"); 3 - "Helmholco" tipo rezonatoriai
 Fig. 7. The influence of cuts on 460 kg/m³ density porous concrete slab sound absorption: 1 - slabs without cuts; 2 - with rectangular cuts; 3 - with cavity-type resonator (Helmholtz)

3 lentelė. Plokščių su rezonatoriais išdėstymo erdvėje būdai

Table 3. Slab with resonators lay-out methods

Kreivės nr.	Išdėstymo būdas	Atstumas tarp eilių, m	
		<i>L</i>	<i>l</i>
1	I	0	0.9
2	I	0	0.45
3	I	0.25	1.0
4	I	0.25	0.5
5	II	-	0.9
6	II	-	0.45
7	III	-	0.65
8	III	-	0.55
9	III	-	0.45
10	III	-	0.25





8 pav. Reverberacinio garso absorbcijos koeficiento priklausomybė nuo dažnio esant įvairiems plokščių su rezonatoriais išdėstymo erdvėje būdams (3 lentelė)

Fig. 8. Reverberation sound absorption coefficient dependency on frequency for various slabs with resonators lay-outs (Table 3)

Pačios efektyviausios iš visų tirtų konstrukcijų tos, kur akytojo betono plokštės su abipuse perforacija pakabinamos suglaustos (8 pav., 6 ir 10 kreivės). Jos efektyvios visame tirtame 125÷4000 Hz dažnių diapazone. Didinant atstumą tarp plokščių, reverberacinis garso absorbcijos koeficientas mažėja visų tipų konstrukcijose (8 pav., 1 ir 2, 5 ir 6, 7 - 10 kreivės). Taigi parenkant akytojo betono plokščių išdėstymo erdvėje būdą, galima keisti konstrukcijos garso absorbcijos koeficientą.

4. Išvados

1. Akytojo betono garso absorbcija priklauso nuo gaminio tankio, kuriam mažėjant garso absorbcijos koeficientas didėja.
2. 300-450 kg/m³ tankio akytojo betono garso absorbcijos koeficientas priklauso nuo akytojo betono rūšies, t.y. nuo jo porų struktūros. Dujų silikatbetonio struktūroje vyrauja didesnio skersmens susisiekiančios poros, todėl jo garso absorbcijos koeficientas yra didesnis nei putbetonio, kurio struktūrą sudaro uždaros poros.
3. Akytojo betono garso absorbcijos koeficientas priklauso nuo bandinių storio. Nustatyta, kad padidinus bandinių storį per 35 mm, normalinis garso absorbcijos koeficientas nekinta.
4. Specialios įvairių formų išpjovos akytojo betono plokštėse padidina jo garso absorbcijos koeficientą

iki 2 kartų. Geriausiai garsą sugeria plokštės su išpjautais specialiais Helmholco rezonatoriais.

5. Iš 300-450 kg/m³ tankio akytojo betono plokščių su abiejose jų pusėse išpjautais rezonatoriais erdvinų konstrukcijų garso absorbcijos koeficientas priklauso nuo plokščių išdėstymo būdo konstrukcijoje. Pakabinus jas 0.25÷0.65 m atstumu tarp plokščių centrų, reverberacinis garso absorbcijos koeficientas padidėja iki 90%, palyginus su tradicinės plokščios konstrukcijos garso absorbcijos koeficientu.

Literatūra

1. G.Bave, N.J.Bright, F.N.Leitch, W.Rottan, G.Svanholm, V.P.Trambovetsky, J.W.Weber. Автоклавный ячеистый бетон (Перевод с англ.). М.: Стройиздат, 1981. 85 с.
2. Hebel. Technical Handbook. Edition 5. Updated may 1992, p. 5-9.
3. А.А.Лаукайтис. Исследование технологии изготовления и свойств звукопоглощающих плит "силапор" на цементно-песчаном и известково-цементно-песчаном вяжущем. Автореферат дис. канд. техн. наук. Каунас, 1975. 22 с.
4. А.А.Лаукайтис, А.Е.Биховскис, А.А.Стонкус. Влияние некоторых фактурных рисунков и крепления плит "силапор" на их звукопоглощение // Сборник трудов ВНИИ теплоизоляция. Вып. 10. Вильнюс, 1977, с. 84-88.
5. М.-Г.С.Казлаускаене. Разработка технологии производства и изучение свойств звукопоглощающих плит "силапор" из известково-песчаной смеси: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. М., 1978. 22 с.
6. А.А.Лаукайтис, А.Е.Биховскис. Исследование технологических параметров производства и некоторых свойств модифицированных звукопоглощающих плит "силапор" // Сборник трудов ВНИИ теплоизоляция. Технология теплоизоляционных и акустических изделий из ячеистого бетона. Вильнюс, 1983, с. 3-8.
7. Г.А.Тарвидас, В.И.Ласаускас, А.А.Лаукайтис. Исследование технологических параметров изготовления и свойств объемных звукопоглотителей "порасил" // Сборник трудов ВНИИ теплоизоляция. Технология теплоизоляционных и акустических изделий на основе местных вяжущих. Вильнюс, 1986, с. 77-81.
8. ГОСТ 16297-80. Материалы звукоизолирующие и звукопоглощающие. Методы испытаний. С. 5-9.
9. СТ СЭВ 1929-79. Шум. Метод измерения звукопоглощения в реверберационной камере. С. 1-7.
10. Руководство по измерению и расчету акустических характеристик звукопоглощающих материалов // НИИ строит. физики. М.: Стройиздат, 1979, с. 4-6.
11. В.И.Ласаускас, А.А.Стонкус. Исследование акустических свойств газобетона на известково-песчаном вяжущем // Сборник трудов ВНИИ теплоизоляция. Технология теплоизоляционных и акустических изделий на основе местных вяжущих. Вильнюс, 1986, с. 72-76.

12. Л.Ф.Лепендин. Акустика: Учебное пособие для вузов. М.: Высш.шк., 1978. 448 с.
13. Авиационная акустика / Под. ред. канд. техн. наук А.Г.Мунина и В.Е.Квитки. М.: Машиностроение, 1973. 447 с.
14. Г.Л.Осипов, Е.Я.Юдин и др. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Г.Л.Осипова, Е.Я.Юдина. М.: Стройиздат, 1987. 558 с.

Įteikta 1996 06 10

POROUS CONCRETE SOUND ABSORPTION INVESTIGATION

A. Laukaitis, V. Lasauskas

Summary

Low-density porous concrete can be used as a sound absorbing material. This paper generalizes porous concrete sound absorption investigations.

Porous concrete relative wave resistance modulus is longer than air wave resistance $W=1$ and that is why this material can be ascribed to materials with a high resistance to air flows, i.e. materials with a satisfactory sound absorption.

Various thickness porous concrete sample sound absorption coefficients can be calculated according to equations (1), (2), (3), when wave parameter values are determined (Table 1). Normal sound absorption coefficient measurement results (Fig. 1) show that for 35 mm and thicker samples the coefficient does not vary. It means that the samples apparent resistance (impleance) coincides with the materials wave resistance.

The sound absorption coefficient increases (Fig. 2) with a decrease in porous concrete density. The asymmetric average dependency is expressed by a rectilinear curve (Fig. 3). The sound absorption coefficient depends not only on porous concrete density, but also on its nature (Fig. 4). The different sound absorption coefficient values for uniform density porous concrete can be explained by the various structure of porous concrete products, i.e. a change in pore dimensions, their amount and distribution (Fig. 5, Table 2).

The production of acoustical slabs has shown that 280-350 kg/m³ density porous concrete products are not sufficiently strong. It was therefore decided to increase their density to 460 kg/m³, with the purpose of increasing the

sound absorption coefficient by using various special form resonators (cavity-type accelerators).

The influence of the cuts on sound absorption is given in Fig. 6 (cut step is 22 mm). Measurements in a reverberation chamber have shown that the sound absorption coefficient value in porous concrete slabs with deeper or complex cuts increases, but it is harder to produce slabs with complex form cuts.

It is easier to make a simple form resonator. Reverberated sound absorption for regular form resonators is given in Fig. 7. Porous concrete slab surface acoustical resistance decreases due to cuts and that is why there is an increase in sound absorption coefficients (Fig. 7, 2 and 3 curves). Porous concrete slabs with resonator cuts on both sides can be used in spacious constructions, for noise absorption in industrial premises. In this case, the construction sound absorption coefficient depends on the lay-out of these slabs.

Three types of special lay-outs were investigated (Fig. 8, Table 3). Most of the investigated constructions have reverberable sound absorption coefficients higher than 1. This is explained by sound diffraction phenomena on the slab edges.

The most effective of all the investigated constructions are those where porous concrete slabs with two-sided perforations are hung jointly (Fig. 8, curves 6 and 10). They are effective in the entire distance between the slabs. The reverberation absorption coefficient decreases for all types of constructions (Fig. 8, curves 1 and 2, 5 and 6, 7-10). The special construction sound absorption coefficient can be changed by selecting porous concrete slab lay-out.

Antanas LAUKAITIS. Doctor of technical sciences. Director of Institute Termoizoliacija, 28 Linkmenų St, 2600 Vilnius, Lithuania.

A graduate of Kaunas Polytechnical Institute (1967), industrial engineer. Doctor's degree in 1975 (the thesis on acoustical products of porous concrete). In 1992 A.Laukaitis worked as a researcher at Swedish universities. Author of 76 papers, 16 inventions and 4 patents. Research interests: thermal insulating and acoustical products made of porous concrete, their technology; heat insulating and acoustical materials.

Vytautas LASAUSKAS. Junior research fellow at the Institute "Termoizoliacija", 28 Linkmenų St, 2600 Vilnius, Lithuania. Research interests: building materials, acoustical properties of constructions.