

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON FOAM CEMENT CONCRETE FORMATION MIXTURES AND PRODUCT PROPERTIES

A. Laukaitis

To cite this article: A. Laukaitis (1997) INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON FOAM CEMENT CONCRETE FORMATION MIXTURES AND PRODUCT PROPERTIES, Statyba, 3:11, 52-56, DOI: [10.1080/13921525.1997.10531353](https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531353)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1997.10531353>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 73



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

TECHNOLOGINIŲ VEIKSNIŲ ĮTAKA PUTŲ CEMENTBETONIO FORMAVIMO MIŠINIŲ IR GAMINIŲ SAVYBĖMS

A. Laukaitis

1. Įvadas

Akytasis betonas yra ekologiškai švari, efektyvi vietinė statybinė medžiaga. Jos gamybai naudojamos nedeficitinės žaliavos - smėlis, kalkės, portlandcementis, vanduo. Aktyvųjų betonų rūšis (putų, dujų, putų-dujų silikatbetonis arba putų, dujų, putų-dujų cementbetonis) [1] pasirenkama atsižvelgiant į turimas žaliavas ir jų charakteristikas bei pageidaujamas gaminių savybes. 250-500 kg/m³ tankio dujų silikatbetonio bei dujų cementbetonio technologiniai gamybos parametrai ir savybės ištirtos Termozoliacijos instituto mokslininkų [2-15].

Dujų betonų gamyba plačiai išvystyta Lenkijoje, Vokietijoje, Švedijoje, Rusijoje. Tačiau ten daugiausia gaminami didesnio tankio (400-600 kg/m³) konstrukciniai gaminiai. Švedijos mokslininkai [16] teigia, kad pramoniniu būdu galima gaminti ir 250 kg/m³ tankio produktus, tačiau jie Švedijoje negaminami.

Putų cementbetonio gamybos technologiniai veiksniai bei savybės yra mažai tirti, nors jiems paskutiniu metu skiriama vis daugiau dėmesio.

Putų cementbetonis pasižymi geresnėmis struktūrinėmis ir eksploatacinėmis savybėmis, jo struktūroje dominuoja uždara, tolygiai pasiskirsčiusios poros [17].

Technologiniai veiksniai turi mažesnės įtakos mišinio poringumui bei putbetonio savybėms, ir dėl minėtų priežasčių lyginant su dujų silikatbetonu yra daug lengviau pagaminti mažesnio tankio (iki 250 kg/m³) gaminius, kas ypač svarbu dabar, taupant energetikos išteklius.

Darbo tikslas buvo ištirti 250-500 kg/m³ tankio putų cementbetonio, kurio rišamoji medžiaga yra portlandcementis, formavimo mišinių sudėtis ir kai kurias bandinių savybes.

2. Žaliavų ir tyrimų metodika

Putų cementbetonį formavome 100x100x100 mm ir 340x340x400 mm matmenų formose. Bandymams naudojome Vilniaus Panerių telkinio kvarcinį smėlį, AB "Akmenės cementas" 400 markės portlandcementį ir Vilniaus "Silikato" kalcitines gabalines kalkes. Cheminė žaliavų sudėtis pateikta 1 lentelėje.

Smėlį malėme rutuliniame malūne šlapiuoju būdu iki 300 m²/kg savitojo paviršiaus. Gabalines kalkes su smėlio priedu malėme vibraciniame malūne iki savitojo paviršiaus - 540 m²/kg; maltų kalkių aktyvumas - 71%, gesinimosi trukmė 16-20 min., gesinimosi temperatūra - 54°C. Portlandcemenčio rišimosi pradžia 2 h, pabaiga - 5 h 50 min.

Putas plakėme laboratoriniu 15 dm³ talpos putų plaktuvu. Plakimo trukmė - 5 min. Putų kartotinumą nustatėme pagal formulę:

$$K = \frac{1000}{P}, \quad (1)$$

čia: K - putų kartotinumai, P - putų tankis, g/m³.

Bandinių stiprio gniuždant perskaičiavimus į pasirinkto tankio stiprį atlikome pagal formules [9]. Putų cementbetonio, kurio rišamoji medžiaga portlandcementis, formavimo mišinio sudėtis buvo tokia: smėlis - portlandcementis - 1:1; vandens ir kietųjų medžiagų santykis V/K - 0,5 - 0,8; kalkių kiekis - 3% kietųjų medžiagų masės; putų kiekis 1,5 - 3,0 dm³/kg kietųjų medžiagų.

Putų silikatbetonio, putų-dujų silikatbetonio rišamoji medžiaga buvo kalkės (mišinio aktyvumas 24%). Putų-dujų silikatbetonį gaminome taip. Dozuotus mišinio komponentus 2 min. maišėme maišytuve (750 aps./min.) su 0,075% sulfanolio priedu (nuo kietųjų medžiagų masės). Mišinys įtraukė orą ir truputį išsiplėtė. Paskui įdėjome 0,4% aliuminio miltelių ir maišėme dar 1 min. Standartiniu metodu

nustatėme sukietintų autoklavinių bandinių šilumos laidžio koeficientą.

Putų cementbetonio masės plastiškąjį stiprį radome kūginio plastomačiu, kurio smaigalio kampas - 21°, masė 140 - 820 g. Plastomačio masę keitėme ant kūgio strypo uždėdami metalinius žiedus taip, kad kūgis įsmigtų į masę ne daugiau 40 mm.

Plastiškąjį stiprį skaičiavome pagal formulę:

$$P_{pl} = \frac{M}{h^2} \cdot 0,0015, \quad (2)$$

čia: P_{pl} - plastiškasis stipris, N/mm², M - kūgio masė, g, h - kūgio įsmigimo gylis, cm.

Bandinių orinę varžą nustatėme standartiniu būdu ir skaičiavome pagal formulę:

$$r = \frac{S \cdot \Delta P \cdot t}{V \cdot l} \quad (3)$$

čia r - bandinio orinė varža, $\frac{m \cdot s \cdot Pa}{m^3}$; S - bandinio skerspjūvio plotas m²; ΔP - slėgio pokytis, Pa τ - trukmė, s; V - pratekėjusio oro kiekis, m³; l - bandinio storis, m.

Bandinius kietinome autoklave, kietinimo režimas 2+10+2 h, izoterminiu periodu sočiųjų vandens garų slėgis - 0,8 MPa.

3. Putokšlio parinkimas

Literatūroje aprašoma gana daug putokšlių. Tačiau ne visi jie tinka autoklaviniams putbetoniams gaminti. Kokybiškiems putbetonio gaminiams gauti putas turi atitikti šiuos reikalavimus:

1. Turi būti stabilios ir mechaniškai stiprios, nes iki mišinio rišimosi jos turi palaikyti putbetonio mišinį.

2. Putos turi būti atsparios temperatūrai, nes dėl rišamosios medžiagos hidratacijos masės temperatūra pakyla iki 50-60 °C.

3. Putos turi būti didelio kartotinumų, nes putokšlio komponentai lėtina rišamosios medžiagos

hidrataciją (su didelio kartotinumų putomis reikia mažiau putokšlio).

Dažniausiai naudojami organinės kilmės putokšliai - klijų-kanifolinis muilas, hidrolizuotas kraujas, saponinas. Tačiau jų paruošimo technologija yra sudėtinga, o išplaktų putų kartotinumai nedideli. Atlikti tyrimai parodė, kad autoklaviniams putbetoniams tinkamiausias putokšlis yra sulfanolis, o stabilizatorius - kaulų klijai.

4. Putų cementbetonio mišinio tankio ir putokšlio kiekio parinkimas

Formuojant putbetonį sudėtinga parinkti reikiamą putų kiekį norimo tankio gaminiams pagaminti. Bandymais nustatėme, kad putų cementbetonio tankio priklausomybė nuo jo formavimo mišinio tankio išreiškiama tiesine linija, kuri aprašoma lygtimi:

$$\rho_2 = 0,99\rho_1 - 144, \quad (4)$$

čia: ρ_1 - putų cementbetonio mišinio tankis, g/dm³; ρ_2 - putų cementbetonio tankis, kg/m³.

Pasvėrus 1 dm³ putų cementbetonio mišinio pagal šią lygtį galima apskaičiuoti putų cementbetonio tankį ir reikalui esant jį iš karto pakoreguoti (pridėti papildomą putų kiekį, pakeisti V/K).

Putokšlis yra kalkių hidratacijos lėtiklis, todėl reikėtų jo naudoti kuo mažiau. Tačiau norimam putų cementbetonio tankiui gauti reikia pasiekti tam tikrą poringumą, t.y. įdėti tam tikrą putų kiekį. Šiomis sąlygomis putokšlio kiekiui pakeisti galimi du būdai: putokšlio tirpalo koncentracijos keitimas ir iš jo gautų putų kiekio arba putų kartotinumų keitimas.

Plakant putas periodinio veikimo plaktuvu skirtingą putų kartotinumą galima pasiekti į tą patį plaktuvo turį įpilant skirtingą putokšlio kiekį ir plakant tol, kol plaktuvas pilnas prisipildo putų. Putokšlio kiekio įtakai nustatyti pagaminome putas, kurių kartotinumai buvo 20 ir 50, o sulfanolio tirpalo koncentracija - 1 ir 2% (sulfanolio ir kaulų klijų

1 lentelė. Cheminė žaliavų sudėtis

Table 1. Raw Materials Chemical Composition

Žaliavos	Sudėtis, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	k.n.
Smėlis	89,77	4,55	0,63	3,10	0,25	0,44	0,46	1,35
Kalkės	3,13	0,99	0,16	81,83	1,40	0,59	1,03	10,87
Portlandcementis	21,41	6,76	4,86	59,33	2,47	-	1,70	1,74

2 lentelė. Putokšlio kiekio įtaka putų ir putų cementbetonio mišinių parametrams

Table 2. Foamer Influence on Foam and Foam Cement Concrete Mixture Parameters

Putų kartotinumumas	Putokšlio koncentracija, %	Putų tankis, g/dm ³	Putų cementbetonio mišinio tankis, g/dm ³
1. 20	1	49,5	440
	2	45,3	423
2. 50	1	26,1	458
	2	29	439

santykis - 1:0,2). Su šiomis putomis, naudodami vienodą jų kiekį (3 dm³/kg kietųjų medžiagų), paruošėme putų cementbetonio mišinius.

Iš gautų rezultatų (2 lentelė) matome, kad pridėjus į mišinį vienodą putų kiekį, esant skirtingam putokšlio kiekiui gauname skirtingų parametru putas ir putų cementbetonio mišinio, kartu ir gaminių tankio, dydžius.

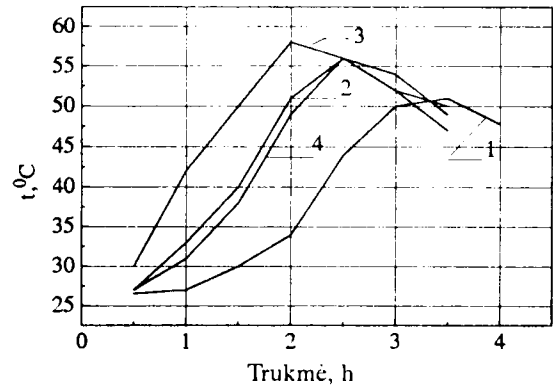
Naudojant skirtingos koncentracijos ir skirtingo kartotinumumo putas, putų cementbetonio masė dėl sulėtintos rišamųjų medžiagų hidratacijos išyla nevienodai (1 pav.).

Išmatavus putų cementbetonio, pagaminto naudojant 2% koncentracijos putokšlio tirpalą, kai putų kartotinumumas 50, masės plastišką stiprį, nustatyta, kad jis yra yra 0,0012N/mm², ir šio stiprio pakanka technologinėms operacijoms atlikti: nupjauti kaupą, supjaustyti luitą į pusfabrikačius. Naudojant putas, kurių kartotinumumas 50, gaminių stipris gniuždant padidėja 10-20% (lyginant su stipriu gaminių, pagamintų su putomis, kurių kartotinumumas 20) (3 lentelė).

Tolesniems bandymams buvo pasirinktas 2% koncentracijos putokšlis, kurio sudėtis - sulfanolis ir kaulų klijai - 1:0,2, išplaktų putų kartotinumumas 50.

5. Putų cementbetonio technologinių veiksmų parinkimas

Putų cementbetonio tankis priklauso nuo putų kiekio (2 pav.). Skirtingai nei dujų cementbetonio, didesnio V/K naudojimas nesumažina putų cementbetonio gaminių tankio, nes šiuo atveju tas pats putų kiekis yra dedamas didesniam tūriui. Esant mažesniems nei 0,6 V/K produktus galima gaminti, tačiau



1 pav. Putų cementbetonio masės išilimas:

- 1) putokšlio koncentracija 2%, putų kartotinumumas 20;
- 2) putokšlio koncentracija 1%, putų kartotinumumas 20;
- 3) putokšlio koncentracija 1%, putų kartotinumumas 50;
- 4) putokšlio koncentracija 2%, putų kartotinumumas 50

Fig 1. Foam Cement Concrete Mass Pouring:

- 1) Foamer concentration 2%, foam recurrency 20;
- 2) Foamer concentration 1%, foam recurrency 20;
- 3) Foamer concentration 1%, foam recurrency 50;
- 4) Foamer concentration 2%, foam recurrency 50

3 lentelė. Putų kartotinumumo įtaka putų cementbetonio savybėms

Table 3. Foam Recurrency Influence on Foam Cement Concrete Properties

Putų kiekis, dm ³ /kg	Putų kartotinumumas	Putų cementbetonio tankis, kg/m ³	Putų cementbetonio stipris gniuždant, MPa	Stipris gniuždant, MPa, perskaičiuojant tankiams	
				250 kg/m ³	500 kg/m ³
1,0	20	556	2,84	0,57	2,3
1,0	50	550	3,22	0,67	2,66
1,5	20	407	1,1	0,42	1,66
1,5	50	405	1,2	0,46	1,83
2,0	20	353	1,1	0,55	2,2
2,0	50	348	1,4	0,72	2,9
2,5	20	302	0,9	0,62	2,45
2,5	50	296	0,95	0,70	2,71

dėl prastesnio komponentų sumaišymo jų kokybė blogesnė. Šiuo atveju mišinio komponentus reikėtų ilgiau maišyti su putomis, tačiau ilgiau maišant putas pradeda irti. Nepatartina naudoti ir labai didelio V/K santykio (daugiau nei 0,7), nes tada mišinys pradeda sluoksniuotis (smėlio dalelės dėl nepakankamo mišinio klampumo nusėda ant formos dugno).

Taigi putų cementbetonį, kurio rišamoji medžiaga yra portlandcementis, racionaliausia gaminti esant V/K santykiui nuo 0,6 iki 0,7. Putų kiekis parenkamas iš pateiktų grafikų (2 pav.), atsižvelgiant į reikiamą gaminio tankį. Matematiškai dujų cementbetonio tankis išreiškiamas tokia regresine lygtimi:

$$\rho = e^{6,665} P_{put}^{-0,956} \cdot (V/K)^{0,141}, \quad (5)$$

čia ρ - tankis, kg/m^3 , P_{put} - putų kiekis, dm^3/kg ,

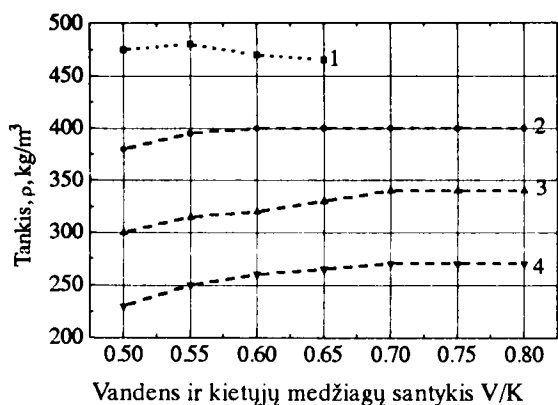
V/K - vandens ir kietųjų medžiagų santykis.

Koreliacijos koeficientas 0,985 reikšmingas pagal Stjudento kriterijų 0,05, regresinė lygtis adekvati su tikimybe 0,95, vidutinis kvadratinis nuokrypis 5,698, procentinis - 3,2.

6. Putų cementbetonio šilumos laidis

Kaip jau minėta, putų cementbetonis pasižymi geresnėmis struktūrinėmis charakteristikomis, t.y. jo struktūroje vyrauja uždaros poros, kas lemia ir mažesnį šilumos laidį, palyginti su dujų silikatbetonio. Šilumos laidžiui palyginti paruošėme vienodo tankio (270 kg/m^3) dujų silikatbetonio, putų-dujų silikatbetonio ir putų cementbetonio gaminius.

Pateikti duomenys (4 lentelė) rodo, kad putų cementbetonio šilumos laidžio koeficientas yra geriausias, o putų-dujų silikatbetonis pagal šį rodiklį užima tarpinę vietą tarp dujų silikatbetonio ir putų-dujų silikatbetonio. Šiuos duomenis patvirtina ir bandinių orinė varža. Didžiausia ji yra putų cementbetonio bandinių (4 lentelė).



2 pav. Putų cementbetonio tankio priklausomybė nuo vandens ir kietųjų medžiagų santykio bei putų sąnaudų (dm^3/kg kietųjų medžiagų): 1- 1,5; 2- 2,0; 3- 2,5; 4- 3,0

Fig 2. Foam Cement Density Dependency on Water and Solids Ratio, as well as Foam Expenditure (dm^3/kg based on solids): 1- 1.5, 2- 2.0, 3- 2.5, 4- 3.0

4 lentelė. Akytojo betono šilumos laidis

Table 4. Thermal conductivity of porous concrete

Akytojo betono rūšis	Orinė varža, $\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}/\text{m}^3$	Šilumos laidis, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Dujų silikatbetonis	$2,9 \cdot 10^5$	0,0802
Putų-dujų silikatbetonis	$8,4 \cdot 10^5$	0,0779
Putų cementbetonis	$2,6 \cdot 10^8$	0,0703

7. Išvados

1. Pagrindiniai technologiniai veiksniai, lemiantys putų cementbetonio mišinių savybes, bei jo bandinių fizikines-mechanines savybes yra putokšlio koncentracija bei putų kartotinumai.
2. Nustatyta, kad putų cementbetonio gamybai racionaliausia naudoti 2% koncentracijos sulfanolio putokšlį, stabilizatorių - kaulų klijus (20% sulfanolio kiekio), o išplaktų putų kartotinumai turi būti 50. Putų cementbetonio tankį galima apskaičiuoti iš jo mišinio tankio pagal pateiktą lygtį.
3. Didinant V/K skirtingai nei dujų cementbetonio, putų cementbetonio gaminių tankis nemažėja. $250-500 \text{ kg/m}^3$ tankio putų cementbetoniui formuoti V/K turi būti nuo 0,6 iki 0,7. Išvesta tankio priklausomybės nuo technologinių veiksnių regresinė lygtis.
4. Nustatyta, kad lyginant su kitomis aktyvųjų betonų rūšimis putų cementbetonis dėl uždarytų porų pasižymi geresnėmis termoizoliacinėmis savybėmis

Literatūra

1. LST 1469:1997. Akytieji betonai. Bendrieji techniniai reikalavimai. 17 p.
2. А.Е. Биховскис. Исследование технологических факторов формирования теплофизических свойств газосиликата для промышленного термоизоляции труб бесканальных тепловых сетей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Каунас, КПИ, 1967. 22 с.
3. А.А. Лаукайтис. Исследование технологии изготовления и свойств звукопоглощающих плит "силапор" на цементнопесчаном и известково-цементно-песчаном вяжущем: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. Каунас, КПИ, 1975. 22 с.
4. М.-Г. Казлаускене. Разработка технологии производства и изучение свойств звукопоглощающих плит "силапор" из известково-песчаной смеси: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Каунас, КПИ, 1978. 22 с.
5. А. Биховскис, Г. Казлаускене, Е. Янкунайте. О возможности регулирования физико-механических свойств ячеистого бетона низкой

плотности // Сб. трудов ВНИИтеплоизоляция. Вильнюс, 1986, с. 47–54.

6. A. Laukaitis. Akytbetonis su anglies plaušu // Termoizoliacijos instituto darbų rinkinys. Vilnius, 1994, p. 3-9.
7. A. Laukaitis. Technologinių veiksnių įtaka dujų betono savybėms // Cheminė technologija, 1995, Nr. 2, p. 21-24.
8. A. Laukaitis. Dujų betono su mišria rišančiąja medžiaga formavimo ypatumų tyrimai // Statyba, 1995, Nr.4(4), p. 75-81.
9. A. Laukaitis. Akytojo betono sudėčių skaičiavimas ir jo savybių tyrimų metodikos. Vilnius, Termoizoliacija, 1996. 24 p.
10. А. Лаукайтис, А. Дудик. Исследование гидрофобизации газосilikата плотностью 300–450 кг/м³ // Statyba, 1996, Nr. 3(7), p. 33–40.
11. A. Laukaitis, L.J. Kuskaitė. Mažo tankio akytojo betono oro laidumo tyrimai // Statyba, 1996, Nr. 3(7), p. 41-45.
12. A. Laukaitis, V. Lasauskas. Akytojo betono garso absorbcijos tyrimai // Statyba, 1996, Nr. 4(8), p. 67-72.
13. A. Laukaitis. Influence of Porous Concrete Waste on Porous Concrete Properties // Medžiagotyra, 1996, Nr. 2, p. 46-49.
14. A. Laukaitis. Vandens temperatūros įtaka dujų silikatbetonio masės išilimui ir pūtimuisi // Cheminė technologija, 1997, Nr 1(5), p. 46-50.
15. A. Laukaitis. Ekvivalentinio rišamosios medžiagos kiekio nustatymas gaminant aktyuosius betonus // Konferencijos "Lietuvos mokslas ir pramonė. Silikatų technologija" pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1997, p. 55-88.
16. Roland Gustanson. Lätt lättbetong-hëgisolerande nytt material // Byggeforskning, № 4, 1980, p. 33-34.
17. А.П. Меркин. Ячеистые бетоны: научные и практические предпосылки дальнейшего развития // Строительные материалы, № 2, 1995, с. 11–15.

Įteikta 1997 05 19

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON FOAM CEMENT CONCRETE FORMATION MIXTURES AND PRODUCT PROPERTIES

A. Laukaitis

Summary

In this paper, 250-500 kg/m³ density autoclave hardened foam cement concrete production technology influence on some of its properties made using Portland cement is discussed. Raw materials composition is given in Table 1.

Foam for the production of good quality foam concrete products should meet the following requirements: 1) be stable and mechanically strong, because it should hold the foam concrete weight until the mixture hardens; 2) be temperature resistant, because due to binder hydration the mass temperature reaches 50-60 °C; 3) have a high recurrence, because the foam components slow down the binders hydration.

The experiments have shown that the best foamier is Sulfonol and bone glue as a stabiliser for autoclave foam concrete.

The formation of fixed density foam concrete products is very complicated problem. The foam cement concrete density dependence on its formation mixture density is derived by equation 4. When 1 dm³ foam cement concrete mixture is weighed, one can calculate the foam cement concrete density and immediately correct it, if necessary.

We prepared foam with a recurrence of 20 and 50 and Sulfonol concentration of 1 and 2 % (Sulfonol and bone glue ratio 1: 0.2) to determine the foamier amount influence. The same amount of foam was used (3 dm³/kg per solids), when foam cement concrete mixtures were formed.

The results given in Table 2 show that, when different amount of surface active materials are used, we get different foam and foam cement concrete mixtures as well as product density values.

Foam cement concrete mass due to different foam concentrations and recurrence slow down the binding materials hydration and a mass temperature difference is observed (Fig 1).

It was found that the block can be cut up in products when the mass plasticity strength reaches 0,0012 N/mm². Product compression strength increases by 10 - 20 % (Table 2) when higher recurrence foam is used.

A 2% Sulfonol foamier (Sulfonol: bone glue 1: 0.2 composition) was chosen for further experiments, using whipped foam recurrence of 50. Foam cement concrete density depends on the amount of foam used (Fig 2).

Foam Recurrency influence on Foam cement concrete properties is given in Table 3.

The use of larger V/K ratio, contrary to gaseous cement concrete, does not lower the foam cement concrete product density, because the same amount of foam is added to a larger volume.

The most optimal way to produce foam cement concrete is when the V/K ratio changes from 0.6 to 0.7 (Fig 2).

Foam cement concrete density dependence on technological operations regressive equation was derived.

Closed pores dominate in the foam cement concrete structure and that is the reason why its heat conductivity is lower.

Equal density gaseous silicate concrete, foam gaseous silicate concrete and foam cement concrete was made for comparison of results.

The results (Table 4) show that foam cement concrete has the best heat conductivity and it is confirmed by the samples air resistance.

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

Graduate of Kaunas Polytechnical Institute, 1967 (industrial engineer). Doctor's degree, 1975. Author of 76 papers, 16 inventions and 4 patents. Research interests: thermal insulation and acoustical products made of porous concrete and their technology, heat insulating and acoustical materials.