

ASFALTBETONIO MAIŠYTUVO KARŠTŲJŲ MINERALINIŲ MEDŽIAGŲ SEGREGACIJOS DYDŽIO ĮVERTINIMAS

M. Bogdevičius, R. Vitkūnas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Dažnai kyla problema, kaip vienareikšmiškai nustatyti biriosios medžiagos granulimetrinę sudėtį ir jos granulimetrinį pasiskirstymą tūryje. Tai ypač aktualu nagrinėjant mišinius, kurie sudaryti iš trijų ir daugiau frakcijų. Pavyzdžiui, gaminant asfaltbetonio mišinį, karštųjų mineralinių medžiagų bunkeris būna sudarytas daugiausia iš penkių sekcijų skirtingų frakcijų, o vienoje sekcijoje esančią frakciją dar sudaro daugiausia septynios siaurosios frakcijos. Mineralinių medžiagų sudėtis mišinyje yra griežtai apibrėžta [1], ji lemia asfaltbetonio mišinio ilgaamžiškumą ir stiprumą.

Yra įvairių pasiūlymų, kaip nustatyti granulimetrinį mineralinių medžiagų grūdelių pasiskirstymą, tačiau jie visi turi įvairių trūkumų arba tokie įvertinimai nėra universalūs, turi daug pradinių sąlygų. Pavyzdžiui, Ababijus vertina tik vienos frakcijos segregacijos kitimą, tačiau, kokia turėtų būti frakcijos sudėtis, koks jos vertinimo žingsnis, jis neaprašo. Segregacijos laipsnis U randamas [2]:

$$U = \frac{\bar{X} + (X_1 - X_n)}{\bar{X}}, \quad (1)$$

X_1 ir X_n - frakcijos kiekis pirmajame ir n -ajame bandiniuose; \bar{X} - vidutinis frakcijos kiekis.

Išnagrinėjus formulę, matyti, kad ji išreiškia frakcijos sudėties kitimo priklausomai nuo bandinio santykį su vidurkiu \bar{X} . Tačiau bendros mišinio segregacijos laipsnio formulės nėra.

Kiti autoriai [3] siūlo segregacijos laipsnį skaičiuoti pagal vidutinį grūdelių dydį d_{vid} arba nuokrypį nuo vidurkio Σ_0 . Vertinant pagal vidutinį grūdelių dydį neparodoma, ar visos mišinį sudarančios siaurosios frakcijos yra vertinamojo tūrio dalyje. Pavyzdžiui, mišiniui, sudarytam iš šešių siaurųjų frakcijų, nustatome grūdelių vidutinį skersmens d_{vid} dydį, sumaišius tik dvi tam tikras siaurasias frakcijas.

2. Segregacijos dydžio nustatymo metodika

Nagrinėjamai medžiagų segregacijai aprašyti siūlome tokią formulę:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_V} \sum_{j=1}^{N_f} (V_{jadm}^i - V_j^i)^2}}{V_\Sigma}, \quad (2)$$

V_{jadm}^i - tūrio dalyje i esančios frakcijos j leistina tūrio dalis, kuri nustatoma pagal reikalavimus arba projektus (asfaltbetonio mišiniams [1]), m^3 ; V_j^i - tūrio dalyje i esančios frakcijos j faktinė tūrio dalis, kuri nustatoma bandymais, m^3 ; N_f - nagrinėjamo mišinio frakcijų skaičius; N_V - tūrių skaičius, į kuriuos buvo sudalytas visas tūris V_Σ ; V_Σ - bendras nagrinėjamo mišinio tūris, m^3 .

Tokia formulė leidžia nustatyti visos nagrinėjamos medžiagos segregacijos koeficientą, įvertinant visus frakcijų tūrių pasiskirstymo netolygumus. Tikslumas didinamas didinant tūrių skaičių N_V , kuriuo sudalijame bendrą tūrį V_Σ į tūrelius V^i . Minimalus tūrelis V^i apibrėžiamas nagrinėjamojo tūrio V^i didžiausio grūdelio skersmens d_{max} dydžiu [4].

Bendrą tūrį V_Σ galima rasti kaip tūrelių V^i sumą arba kaip frakcijų užimamų tūrių V_j sumą:

$$V_\Sigma = \sum_{i=1}^{N_V} V^i = \sum_{j=1}^{N_f} V_j = \sum_{j=1}^{N_f} \sum_{i=1}^{N_V} V_j^i, \quad (3)$$

V^i - atskiro i -ojo tūrio dalis; V_j - atskiros j -osios frakcijos projektuojamoji tūrio dalis, m^3 ; V_j^i - ojoje tūrio dalyje esančios j -osios frakcijos projektuojamoji dalis, m^3 .

Norint įvertinti ne viso mišinio, o tik jo tūrio dalyje V^i esančio mišinio segregacijos koeficientą, formulę (2) supaprastiname ir gauname:

$$S^i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{N_f} (V_{jadm}^i - V_j^i)^2}}{V^i}, \quad (4)$$

S^i - segregacijos koeficientas i -ajame tūryje; V_{jadm}^i - leistinas j -osios frakcijos tūris nagrinėjamajame i -ajame tūryje, m^3 ; V_j^i - realus j -osios frakcijos tūris, gaunamas eksperimentiškai i -ojoje nagrinėjamojoje tūrio dalyje, m^3 ; V^i - nagrinėjamoji i -oji tūrio dalis, m^3 .

Nagrinėjamoji i -oji tūrio dalis skaičiuojama kaip visų i -ąjį tūrį sudarančių frakcijų suma:

V_j^i - i -ajame tūryje j -osios frakcijos projektuojamoji

$$V^i = \sum_{j=1}^{N_j} V_j^i, \quad (5)$$

tūrio dalis, m^3 .

Norint įvertinti vienos frakcijos ar ją sudarančios siaurosios frakcijos segregacijos koeficientą visame mišinyje, formulė (2) pertvarkoma:

S_j - j -osios frakcijos segregacijos koeficientas visame

$$S_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_V} (V_{jadm}^i - V_j^i)^2}}{V_j}, \quad (6)$$

nagrinėjamajame tūryje V_{Σ} ; V_{jadm}^i - leistinas j -osios frakcijos tūris nagrinėjamajame i -ajame tūryje, m^3 ; V_j^i - realus j -osios frakcijos tūris, gaunamas eksperimentiškai i -ojoje nagrinėjamojoje tūrio dalyje, m^3 ; I_{Σ} - nagrinėjamosios j -osios frakcijos bendras tūris, m^3 .

Nagrinėjamosios j -osios frakcijos bendras tūris visame tūryje V_{Σ} randamas kaip šios frakcijos suma

$$V_j = \sum_{i=1}^{N_V} V_j^i, \quad (7)$$

visuose tūriuose V^i .

3. Karštųjų mineralinių medžiagų realios segregacijos dydžio įvertinimas

Nagrinėdami karštųjų mineralinių medžiagų segregacijos dydžio praktinę įtaką asfaltbetonio mišinio granulometrinės sudėties vienodumui (vienalytiškumui, homogeniškumui) pasirinkome viršutinio dangos sluoksnio 0/16S-V markės [1] asfaltbetonio mišinį. Nustatėme, kad šios markės asfaltbetonio mišinys „Teltomat-5" modelio asfaltbetonio maišytuvu gaminamas iš 0 - 4, 4 - 8, 8 - 11, 11 - 16 mm karštųjų mineralinių medžiagų grūdelių išsijotų švarių frakcijų ir mineralinių miltelių. Pagal šios markės asfaltbetonio mišinio sudėtį keliamus reikalavimus apskaičiavome tokį šių frakcijų procentinį santykį, kad suprojektuoto mišinio granulometrinė sudėtis būtų artima 0/16S-V mišinio sudėties kreivės lauko viduriui. Laikėme, kad visos karštosios frakcijos ir mineraliniai milteliai dozuojami tiksliai bei stabiliai ir neturi priemaišų. Pagal DAT.AD--96 reikalavimus (granulometrinės sudėties kreives) nustatėme, kad 0/16S-V markės mišinyje grūdeliai, mažesni kaip 4 mm, vidutiniškai sudaro 51%. Laikydami, kad juose mineraliniai milteliai sudaro 8%, apskaičiavome, jog reikia dozuoti 43% frakcijos 0-4 mm, 16,5% frakcijos 4-8 mm, 9,5% frakcijos 8-11 mm ir 23% frakcijos 11-16 mm (1 lentelė).

Karštųjų mineralinių medžiagų didžiausia segregacija būna 0-4 mm karštųjų medžiagų bunkerio sekcijose [3, 5]. Pagal darbe [5] atliktus 0-4 mm karštosios frakcijos granulometrinės sudėties laboratorinius tyrimus imdami maksimalius 0-4 mm frakcijos granulometrinės sudėties nuokrypius sudarėme 0/16S-V markės asfaltbetonio granulometrinės sudėties projektą (2, 3 lentelė). Grafinis granulometrinės sudėties vaizdas pateiktas paveiksle.

1 lentelė. Suprojektuoto asfaltbetonio mišinio 0/16S-V markės sudėtis

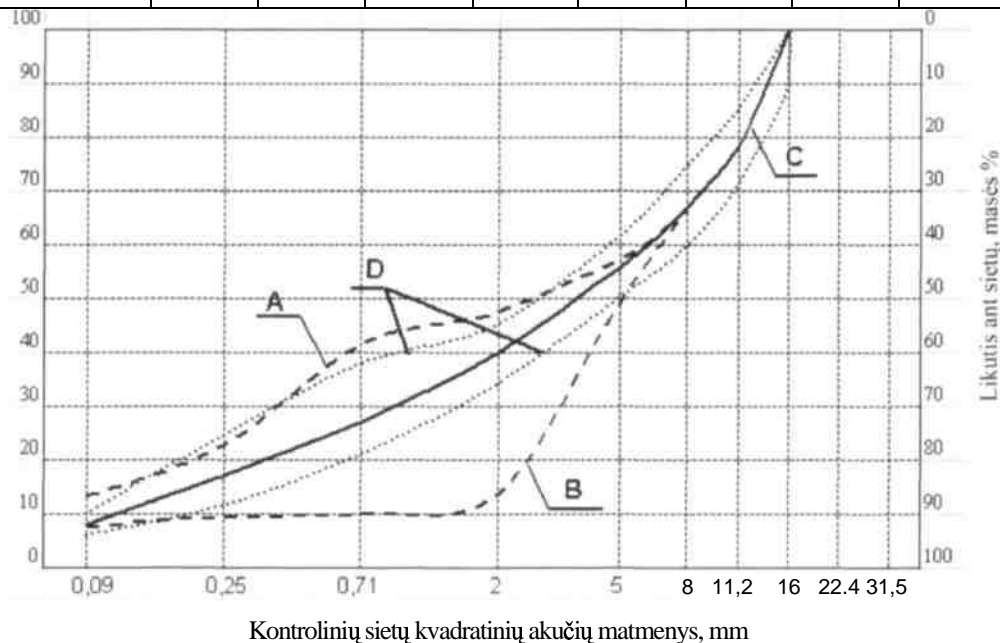
Table 1. Design structure of asphalt-concrete mixture of 0/16S-V mark

Dozuojama medžiaga	Kiekis, %	Praeina per sietus su akutėmis mm, masės %							
		16	11,2	8	5	2	0,71	0,25	0,09
11 - 16 mm frakcija	23	23	1,5	0	0	0	0	0	0
8-11 mm frakcija	9,5	9,5	9,5	0	0	0	0	0	0
4-8 mm frakcija	16,5	16,5	16,5	16,5	5,0	0	0	0	0
0-4 mm frakcija	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	32,0	20,5	10	0,8
Mineraliniai milteliai	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,2
Suprojektuotas mišinys	100	100	78,5	67,5	56	40	28,5	18	8

2 lentelė. 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio sudėtis pagal praėjusius per sietus grūdelius pagal realų pavyzdį, kai 0 - 4 mm frakcijos didelė segregacija (prabyrėjimas blogiausias)

Table 2. Structure of asphalt-concrete mixture of 0/16S-V mark according to grains elapsed through a sieve by an actual example when fractions 0...4 mm have large segregation (the most poor permeability)

Dozuojama medžiaga	Kiekis, %	Praeina per sietus su akutėmis mm, masės %							
		16	11,2	8	5	2	0,71	0,25	0,09
11-16 mm frakcija	23	23	1,5	0	0	0	0	0	0
8-11 mm frakcija	9,5	9,5	9,5	0	0	0	0	0	0
4-8 mm frakcija	16,5	16,5	16,5	16,5	5,0	0	0	0	0
0-4 mm frakcija	43,0	43,0	43,0	43,0	36,5	4,9	2,0	1,7	1,3
Mineraliniai milteliai	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,2
Suprojektuotas mišinys	100	100	78,5	67,5	49,5	12,9	10,0	9,7	8,5



Viršutinio dangos sluoksnio 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio granulimetrinės sudėties kreivės: A ir B karštųjų išsijotų mineralinių medžiagų 0-4 mm frakcijos bandymais nustatytos maksimalios realios sudėties nukrypimo ribos: C - 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio ribinių granulimetrinės sudėties kreivių vidurkis pagal automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisykles DAT.AD-96; D - 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio ribinės granulimetrinės sudėties kreivės pagal automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisykles DAT.AD-96

Granulometric curves of asphalt concrete mixture for the upper road cover of 0/16S-V mark: A and B - the experimentally established boundaries of maximum actual deviation of fraction 0-4 mm screened structure mineral materials curves: C - average value of asphalt concrete mixture grain composition boundaries for 0/16S-V mark according to the rules of highway construction and reception of activities DAT.AD-96; D - boundaries of asphalt concrete mixture grain composition for 0/16S-V mark according to the rules of highway construction and reception of activities DAT.AD-96

A ir B kreivės (žr. pav.) rodo, kad vien tik dėl 0-4 mm karštosios frakcijos segregacijos (be dozavimo paklaidų) gaminamo mišinio granulimetrinės sudėties kitimo ribos labai plačios, jos viršija net 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio ribines granulimetrinės sudėties kreives. Tokie mišiniai neatitinka automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisyklių DAT.AD-96 keliamų reikalavimų.

Segreguojant visas gaminamą asfaltbetonio mišinį sudarančias karštųjų dozuojamų mineralinių medžiagų

0 - 4, 4 - 8, 8 - 11 ir 11 - 16 mm frakcijas, gali būti jų granulimetrinės sudėties pavojingų derinių, kurie dar labiau leis kisti asfaltbetonio mišinio granulimetrinei sudėčiai.

Pagal šio straipsnio 2-ajame skyriuje pateiktą metodiką apskaičiuojame segregacijos dydį visoms karštųjų mineralinių medžiagų mišinių kreivėms, pateiktoms I

ir II paveikslė. Šių mišinių sudėties segregacijos dydį pateiktas 4 lentelėje. ariū .bTioleka

3 lentelė. 0/16S-V markės asfaltbetonio mišinio sudėtis pagal praėjusius per sietus grūdelius pagal realų pavyzdį, kai 0–4 mm frakcijos didelė segregacija (praburėjimas geriausias)

Table 3. Structure of asphalt concrete of 0/16S-V mark mixture according to grains elapsed through a sieve by an actual example when fractions 0... 4 have mm large segregation permeability

Dozuojama medžiaga	Kiekis, %	Praeina per sietus su akutėmis mm, masės %							
		16	11,2	8	5	2	0,71	0,25	0,09
11-16 mm frakcija	23	23	1,5	0	0	0	0	0	0
8-11 mm frakcija	9,5	9,5	9,5	0	0	0	0	0	0
4-8 mm frakcija	16,5	16,5	16,5	16,5	5,0	0	0	0	0
0-4 mm frakcija	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	40,4	33,1	14,8	6,2
Mineraliniai milteliai	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,2
Suprojektuotas mišinys	100	100	78,5	67,5	56,0	48,4	41,1	22,8	13,4

4 lentelė. Karštųjų mineralinių medžiagų segregacijos dydis, gaminant asfaltbetonio mišinius

Table 4. Value of hot mineral materials segregation producing asphalt concrete mixtures

	Mineraliniai milteliai, mm iki 0,25	Mišinio 0–4 mm frakcijos siaurosios frakcijos, mm					IŠVISO 0-4	Kitos frakcijos, mm				IŠ VISO
		0-	0.09-0.25	0.025-	0.71-	2.0-4.0		4-8	8- 11	11 -		
0/16S-V markės asfaltbetonio mineralinių medžiagų vidutinė sudėtis, %	8	0.8	9.2	11.5	11.5	11	51	16.5	9.5	23	100	
Viršutinė leistina ribinė asfaltbetonio 0/16S-V markės sudėtis kreivė, %	8	2	15	13	7	12	57	18	10	15	100	
Segregacijos koeficientas pagal viršutinę 0/16S-V markės asfaltbetonio sudėtis kreivę	0	1,5	0.63043	0.238095	0.3913	0.0909	0.118	0.09	0.05	0.348	0.114	
Apatinė leistina ribinė 0/16S-V markės asfaltbetonio sudėtis kreivė, %	8	0	4	9	14	11	46	14	12	28	100	
Segregacijos koeficientas pagal apatinę 0/16S-V markės asfaltbetonio sudėtis kreivę	0	1	0.56522	0.142857	0.2174	0	0.098	0.15	0.26	0.217	NN...	
Bandymo metu gauta mišinio sudėtis, kai 0 - 4 mm frakcijos praburėjimas blogiausias, %	8	1.3	0,4	0.3	2.9	38.1	51	16.5	9.5	23	100	
Segregacijos koeficientas, kai 0 - 4 mm frakcijos praburėjimas blogiausias	0	0,625	0.95652	0.971429	0.7478	2.4636	0	0	0	0	0.325	
Bandymo metu gauta mišinio sudėtis, kai 0 - 4 mm frakcijos praburėjimas geras, %	8	6.2	8,6	18.3	7.3	2.6	51	16.5	9.5	23	100	
Segregacijos koeficientas, kai 0 - 4 mm frakcijos praburėjimas geriausias	0	0.871	0.06977	0.42623	0.5753	3.2308	0	0	0	0	0.134	

4. Išvados

1. Pateikta skaičiavimo metodika vienareikšmiškai nusako segreguotos medžiagos ar mišinio, sudaryto iš kelių frakcijų ar skirtingo dydžio nagrinėjamų grūdelių, segregacijos dydį, neribojant nagrinėjamų tūrių ar frakcijų skaičiaus.

2. Kai nagrinėjamos medžiagos ar mišinio granulometrinė sudėtis atitinka nustatytąją (pasirinktąją projektuojamąją), tai tokios medžiagos segregacijos dydis lygus 0. Kuo didesnis granulometrinės sudėtis nuokrypis nuo nustatytosios, tuo segregacijos dydį išreiškiantis skaičius yra didesnis.

3. Labai segreguojant, net ir vienos, vienodu kiekiu dozuojamos smulkiausios 0-4 mm frakcijos granulometrinė sudėtis bendros gaminamo asfaltbetonio mišinio sudėtis svyravimo ribos yra platesnės, nei nurodytosios leistinos asfaltbetonio mišinio sudėtis svyravimo ribos.

metrinei sudėčiai bendros gaminamo asfaltbetonio mišinio sudėtis svyravimo ribos yra platesnės, nei nurodytosios leistinos asfaltbetonio mišinio sudėtis svyravimo ribos.

Literatūra

1. Automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisyklės. Asfaltbetonio dangos. DAT.AD-96. Vilnius: VĮ Problematika, 1997. 76 p.
2. А. Ф. Абабий. Исследование влияния параметров накопительных бункеров на однородность асфальтобетонных смесей: Авторсф. дис... канд. техн. наук. М, 1980. 19 с.
3. National Cooperative Highway Research Program. Report 34. Evolution of Construction Control Procedures. Interim Report. Highway Research Board, 1967. 117 p.

4. Д. А. Краснов. Теоретические основы и расчетные формулы определения веса проб. Л.: Стройиздат, 1969. 126 с.
5. Г. Сивиливичус. Контроль и регулирование однородности асфальтобетонных смесей при их изготовлении: Дис... канд. техн. наук. Вильнюс: ВИСИ, 1984. 386 с.

Įteikta 2000 09 04

ESTIMATION OF SEGREGATION VALUE FOR HOT MINERAL MATERIALS OF ASPHALT CONCRETE MIX

M. Bogdevičius, R. Vitkūnas

Summary

There is a problem how to express grain composition of bulk material by one number. Especially it is actual for asphalt concrete mixture because the grain composition is strictly regulated [1]. The article criticizes segregation estimations by other authors [2, 3], because the estimations are not full, have lacks.

It is offered to investigate the value of segregation of bulk materials according to the formula (2) for obtaining unequivocal outcome. All volume V_{Σ} (3) at first is divisible on selected number l of single volumes V^i in each of which there are definite volumes V_j^i of a fraction j . The formula (2) takes into account the norm (standard) of a fraction j volume in a part i of volume V_{iadm}^i and as actual volume V_j^i of a fraction in this part.

Coefficient of segregation is the sum of square deviations of each fraction j in each single volume i disjointed on total (general) investigated volume V_{Σ} . The formulae (4) and (6) express the capability of segregation counting of a separate single volume - S^i and separate fraction - S_j .

In the article the examples of admitted deviation boundaries of asphalt concrete mixture of 0/16S-V grain composition are adduced. On researches [5] the actual possible deviations of fraction 0...4 mm grain composition are established, the actual possible boundaries of maximum deviations (Fig. 1) are given.

According to the offered technique the segregation value of hot mineral material structure is calculated. For measurement standard the mean grain composition of 0/16S-V mark asphalt concrete is taken.

MARIJONAS BOGDEVIČIUS

Doctor Habil, Associate Professor and Head (1995) of the Department of Transport Technology Equipment, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Plytinės g. 27, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: marius@ti.vtu.lt

Doctor of Technical science, Moscow Highway Institute, 1988 Doctor Habil, 2000. First degree in Mechanical Engineering (building and road machines and equipment), Vilnius Civil Engineering Institute (VISI), now VGTU), 1981. Probation: Stuttgart University (Germany), 1990-1991. Academician of International Academy of Noosphere (Sustainable Development) (1998). Publications: author of 22 inventions, more than 80 scientific works. Research interests: dynamics of mechanical, hydraulic and pneumatic systems, computation mechanics, transport traffic safety.

ROLANDAS VITKŪNAS

Master of Science (Transport Engineering) (1995), doctoral student (Transport Engineering), Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Plytinės g. 27, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: rolas@ti.vtu.lt

First degree in Mechanical Engineering (building and road machines and equipment), Vilnius Technical University (VTU, now VGTU), 1993. Publications: author of 8 scientific works. Research interests: transport technology equipment.