



GALUTINAI DOZUOJAMOSE MINERALINĖSE MEDŽIAGOSE ESANČIŲ ASFALTBETONIO KOMPONENTŲ STABILUMO NUSTATYMO TEORINIAI PRINCIPAI IR EKSPERIMENTINIAI DUOMENYS

Henrikas Sivilevičius

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas,
Transporto technologinių įrenginių katedra, Plytinės g. 27, 2040 Vilnius, Lietuva, el. paštas: henrikas@ti.vtu.lt*

Įteikta 2001 11 12; parengta 2001 12 19

Santrauka. Atliktais eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad, gaminant asfaltbetonio mišinį pagal klasikinę technologiją D-597, D-508-2A, D-645-3 ir D-590 modelio asfaltbetonio maišytuvuose, išsijotos karštosios 0–5 mm ir 5–15 mm frakcijos yra užterštos kitų matmenų grūdėliais daugiau kaip 10% ir ši tarša nėra vienoda bei pastovi.

Remiantis žinoma teorija, kad biriosios mineralinės medžiagos suminių išbyrų per kontrolinius sietus vidutinis kvadratinis nuokrypis σ yra didžiausias, kai jų vidurkis \bar{X} sudaro 50%, iš gamyboje gautų eksperimentinių duomenų sudarytos 0–5 mm ir 5–15 mm karštosios frakcijos, taip pat šaltųjų mineralinių miltelių šių statistinių rodiklių regresijos lygtys $\sigma = f(\bar{X})$. Iš pagal regresijos lygtis nubraižytų kreivių gautos šiose galutinai dozuojamose mineralinėse medžiagose esančių mineralinių kompleksų kiekių vidutinių kvadratinių nuokrypių $\sigma_{\mu ij}$ vertės. Jas galima panaudoti apskaičiuojant asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersiją σ_{Gi}^2 , priklausančią nuo jo gamybos asfaltbetonio maišytuve technologinių veiksnių tikslumo ir stabilumo.

Raktažodžiai: asfaltbetonio mišinys, asfaltbetonio maišytuvas, karštosios frakcijos, sijojimo kokybė, granulimetrinės sudėties stabilumas, variaciją lemiantys veiksniai.

1. Įvadas

Kelio dangos asfaltbetonio funkcionavimo trukmė priklauso ne tik nuo automobilių eismo intensyvumo, sunkiųjų automobilių skaičiaus sraute bei apkrovų, tenkančių vienai automobilio ašiai, bet ir nuo naudoto asfaltbetonio mišinio kokybės. Asfaltbetonio maišytuve gaminamo mišinio kokybę rodo jo fizinių ir mechaninių rodiklių faktiškųjų vidutinių verčių artumas normuotosioms šių rodiklių vertėms. Toks tradicinis norminiuose dokumentuose įteisintas asfaltbetonio mišinio kokybės vertinimo principas yra nevisiškai teisingas, nes jame neatsispindi fizinių ir mechaninių rodiklių nevienodumo (nestabilumo, nevienalytiškumo, variacijos) dydis.

Asfaltbetonio mišinys nebūna vientisas. Tai lemia naudojamų mineralinių medžiagų granulimetrinės sudėties ir kitų mišinio savybių nevienodumas, jo gamybos asfaltbetonio maišytuve sisteminės ir atsitiktinės paklaidos. Sudėtis, taigi ir fiziniai bei mechaniniai rodikliai, varijuoja – ir ne tik paties mišinio, bet ir atskirų maišinių, taip pat ir srauto, išbyrančio iš kaupiamojo bunkerio-termoso. Moksliniais tyrimais [1–6] įrodyta, kad asfaltbetonio mišinio partijos (dažniausiai per darbo pamainą pagamintos produkcijos) vienodumas būna tuo didesnis, kuo siauresniu intervalu varijuoja kiekvienos pradinės šaltosios mineralinės medžiagos granulimetrinė sudėtis,

tiksliau ir stabiliau dozuojami byrantys jų srautai, kokybiškiau atliekamos jų džiovinimo, kaitinimo, dulkių iš oro valymo, sijojimo, gautų karštųjų frakcijų ir bitumo diskretinio dozavimo ir visų medžiagų maišymo operacijos.

Pagal klasikinę technologiją (1 pav.), pasižyminčią tuo, kad tolydžiai dozuojamų pradinė šaltųjų mineralinių medžiagų srautas džiovinamas, kaitinamas ir sijojamas į karštąsias 3–5 frakcijas, kurios diskretiškai galutinai dozuojamos, pagamintas asfaltbetonio mišinys būna tuo vienodesnis, kuo stabilesnės granulimetrinės sudėties gaunamos asfaltbetonio maišytuvo technologiniais sietais išsijotos karštosios frakcijos [3]. Todėl tokiuose asfaltbetonio maišytuvuose, kurių Lietuvoje yra daugiau kaip 90% [7], karštųjų frakcijų sijojimo, laikymo bunkerio sekcijose (segregacijos) ir išbyrėjimo į dozatoriaus bunkerį operacijos turi būti atliekamos ir valdomos taip, kad jų srautų granulimetrinė sudėtis laikui bėgant būtų maksimaliai stabili.

Prieš kelerius metus Rusijoje paskelbtuose mokslo darbuose, skirtuose asfaltbetonio mišinio gamybos technologijos gerinimo problemoms spręsti [8, 9], pažymima, kad kelininkai žino, jog Kremenčiugo ir Teltovo kelių tiesimo mašinų gamyklose pagamintuose asfaltbetonio maišytuvuose sumontuoti sijotuvai yra ne itin efektyvūs ir patikimi. Sijotuvo efektyvumas apibūdinamas sijojamo karštųjų mineralinių medžiagų mišinio suskirstymo į nustatytas frakcijas tikslumu esant pakankamam jo našumui.

Rusijos standartas leidžia išsijotų karštųjų frakcijų ne didesnę kaip 10% taršą kitų matmenų grūdeliais. Tačiau darbe [9] pabrėžiama, kad karštųjų frakcijų tarša kitų matmenų grūdeliais praktiškai būna daug didesnė. Darbų, atskleidžiančių karštųjų frakcijų ne tik faktinę taršą, bet ir šios taršos stabilumą bei priežastis, pasigendama ne tik Lietuvoje, bet ir kitose valstybėse.

Kokios granulimetrinės sudėties ir stabilumo gaunamos skirtingų modelių asfaltbetonio maišytuvų technologiniais cilindriniais ir vibraciniais sietais išsijojamos karštosios frakcijos, nėra pakankamai gerai ištyrinėta. Taip pat pasigendama mokslinškai pagrįstos metodikos, kaip nustatyti ir vertinti šiose karštosiose frakcijose esančių mineralinių komponentų (skaldos, smėlio ir mineralinių miltelių) kiekio variacijos dydį.

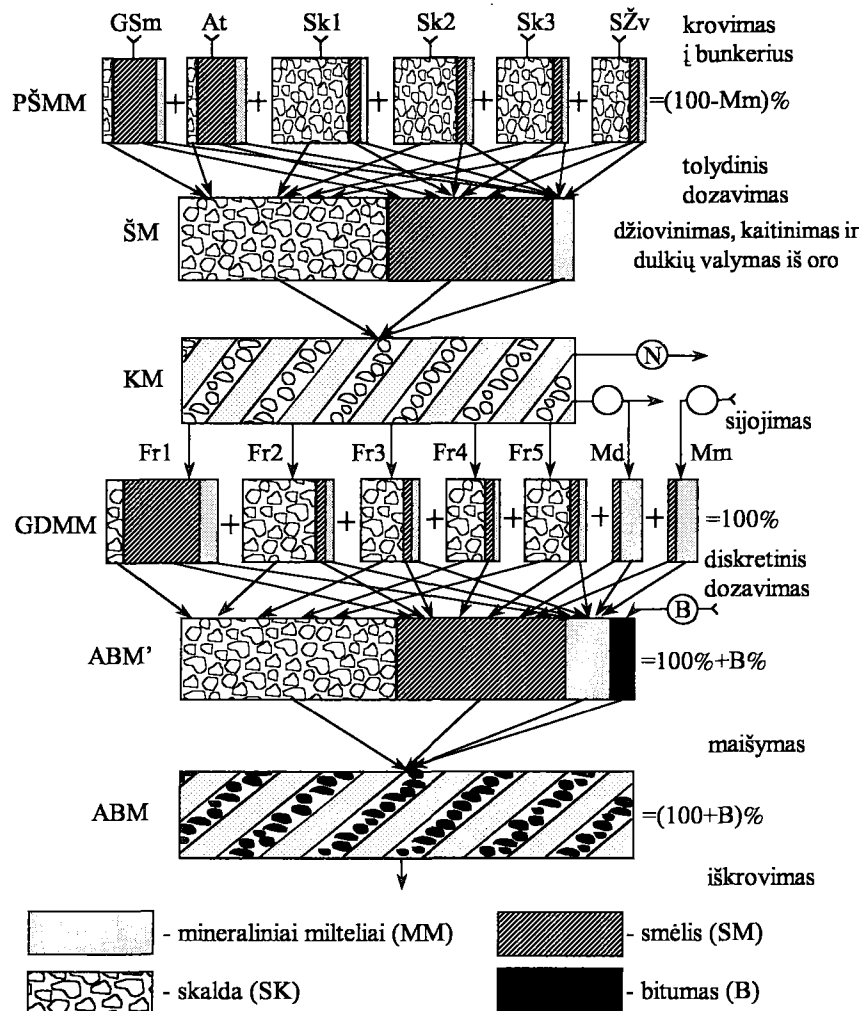
2. Mineralinės medžiagos ir mineraliniai komponentai

Asfaltbetonio mišinys sudaromas iš mineralinių bi-

riųjų medžiagų, į visumą surištų organiniu rišikliu – dažniausiai bitumu. Todėl pagal rišamumo principą mineralinės medžiagos (skalda, garntinį smėlį, atsijas, skaldytą žvyrą, mineralinius miltelius ir kt.) logiška būtų vadinti rišamosiomis, nes jas suriša bitumas, o bitumą – rišančiąja medžiaga, nes jis suriša mineralines medžiagas į konglomeratą.

Kiekvieną biriąją mineralinę medžiagą ar mišinį (ir asfaltbetonio) sudaro skirtingo dydžio neapgludintų ir (ar) apgludintų grūdelių, skirstomų laboratoriniais kontroliniais sietais pagal jų kvadratinių akučių matmenis į siaurasias frakcijas, visuma. Viena ar kelios gretimos siaurosios frakcijos (dabar galiojančiose Lietuvos normose 0–0,09 mm, 0,09–0,25 mm, 0,25–0,71 mm, 0,71–2 mm, 2–5 mm, 5–8 mm, 8–11,2 mm, 11,2–16 mm, 16–22,4 mm) sudaro mineralinės medžiagos plačiąją frakciją [10] arba mineralinį komponentą.

Remiantis asfaltbetonio struktūros teorija [11–22], jo mineralinę dalį sudaro du mineraliniai komponentai: mineraliniai milteliai (MM) – grūdeliai, mažesni kaip 0,09 mm ar



1 pav. Asfaltbetonio mišinio komponentų kaitos mineralinėse medžiagose ir mišiniuose jį gaminant asfaltbetonio maišytuve pagal klasikinę technologiją modelis

Fig 1. The model of variation of asphalt concrete mixture components in mineral materials and mixtures producing the mixture in an asphalt concrete mixer applying a traditional technology

0,071 mm, ir smėlis (SM) – grūdėliai, kurių skersmuo 0,09–2 mm ar 0,071–5 mm. Asfaltbetonio makrostruktūrą formuoja trečiasis mineralinis komponentas – skalda (SK) – grūdėliai, didesni kaip 2 mm ar 5 mm. Šie du ar trys mineraliniai komponentai sudaro ne tik asfaltbetonį ir jo mišinį, bet ir mineralines medžiagas, kurias tam tikromis dozėmis sumaišius gaunamas asfaltbetonio mišinys (1 pav.). Todėl terminai *mineralinė medžiaga* ir *mineralinis komponentas* nėra sinonimai, nes apibūdina kokybiškai skirtingus produktus.

Gaminamo asfaltbetonio mišinio (ABM) mineraliniai komponentai, esantys pradinėse šaltosiose mineralinėse medžiagose (PŠMM), asfaltbetonio maišytuvo agregatuose atliekant technologines operacijas persiskirsto ir pasikeičia jų savybės. Šių savybių kaitai turi įtakos technologinių operacijų tikslumas ir stabilumas. Tai įvertinus galima teigti, kad asfaltbetonio mišinį ar bet kurią j -ąją mineralinę medžiagą ($j = 1, \dots, m$) sudaro k mineralinių komponentų ($i = 1, \dots, k$). Dažniausiai k būna du ar trys. Dėl to asfaltbetonio mišinyje mineralinės medžiagos yra sudedamosios dalys, o mineraliniai komponentai – sudėtosios dalys. Tik bitumas yra medžiaga (kai neįdėtas į mineralines medžiagas) ir komponentas, kai yra asfaltbetonio mišinyje arba asfaltbetonyje.

3. Asfaltbetonio mišinio ir jam gaminti naudojamų mineralinių medžiagų stabilumo modeliai

Gaminamame asfaltbetonio mišinyje esančio i -ojo mineralinio komponento (skaldos grūdėlių, didesnių kaip 2 mm ar 5 mm, smėlio grūdėlių nuo 2 mm iki 0,09 mm arba nuo 0,071 mm iki 5 mm ar mineralinių miltelių grūdėlių, mažesnių kaip 0,09 mm ar 0,071 mm) kiekio bendroji (suminė) dispersija, atspindinti jo stabilumą partijoje, apskaičiuojama iš formulės:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{Mi}^2 + \sigma_{Bi}^2 + \sigma_{Gi}^2, \quad (1)$$

σ_{Mi}^2 – asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersija, priklausanti nuo pavyzdžių ėmimo metodikos, %; σ_{Bi}^2 – asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersija, priklausanti nuo pavyzdžių (bandinių) bandymo paklaidų, %; σ_{Gi}^2 – asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersija, priklausanti nuo jo gamybos asfaltbetonio maišytuve technologinių veiksnų tikslumo bei stabilumo %.

Atlikti tyrimai [1, 4] parodė, kad dispersija σ_{Gi}^2 sudaro net 65...73% visos mineralinio komponento asfaltbetonio mišinyje kiekio dispersijos σ_i^2 vertės. Todėl galima užrašyti:

$$\sigma_{Gi}^2 = (0,65 \dots 0,73) \sigma_i^2,$$

arba

$$0,65 \sigma_i^2 < \sigma_{Gi}^2 < 0,73 \sigma_i^2.$$

Vidutinė visų mineralinių komponentų kiekių dispersija, priklausanti nuo asfaltbetonio mišinio gamybos

asfaltbetonio maišytuve technologinių operacijų tikslumo ir stabilumo, sudaro 69% bendrosios kiekvieno iš jų kiekio dispersijos:

$$\sigma_{Gi}^2 = 0,69 \sigma_i^2. \quad (2)$$

Iš šio santykio galima užrašyti atvirkštinę priklausomybę:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sigma_{Gi}^2}{0,69}. \quad (3)$$

Eksperimentiniais tyrimais [1, 3–5], atliktais paėmus įvairių modelių asfaltbetonio maišytuvuose pagaminto per darbo pamainą (atskirų produkcijos partijų) asfaltbetonio mišinio daug (apie 50 iš kiekvienos partijos) atsitiktinių pavyzdžių, juos išekstrahavus ir mineralinę dalį išsijojus per kontrolinius sietus, nustatytos kiekvieno komponento kiekio suminių (bendrųjų) dispersijų vertės. Tačiau tiriant, kokią bendrosios dispersijos dalį sudaro jos dydį lemiančios priežastys, pažengta labai netoli. Dispersinės analizės metodu tik nustatyta, kad eksperimento paklaidoms tenka 27 ... 35% dispersijos σ_i^2 , likusi didžiausia jos dalis (65 ... 73%) priklauso nuo mineralinių medžiagų granulometrinės sudėties kaitos (užterštumo, segregacijos) asfaltbetonio maišytuvo agregatuose, jų santykio ir dozavimo klaidų, išreiškiamų dispersijos σ_{Gi}^2 skaitine verte.

Asfaltbetonio mišinio kiekvieno i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersija σ_{Gi}^2 gali būti apskaičiuota sudarius matematinį modelį, kuriame būtų įvertinti visi ar bent jau svarbiausi technologiniai veiksniai. Sudarius tokį matematinį modelį ir eksperimentais bei teoriniais skaičiavimais nustatius šio modelio inžinerinėse formulėse esančių dydžių skaitines vertes, galima gauti atsakymą į labai svarbų praktinį klausimą – kokią įtaką kiekvienas technologinis veiksnys turi gaminamo asfaltbetonio mišinio mineralinio komponento kiekio dispersijos σ_{Gi}^2 vertėms. Tokį universalų matematinį modelį sukūrėme ir pateikėme mokslo darbuose [3, 6], tačiau visų jo naudojimo galimybių nebuvo atskleidę.

Remiantis matematinio modeliu apskaičiavus kiekvieno i -ojo komponento kiekio dispersijos σ_{Gi}^2 vertę sudarančių technologinių veiksnų dispersijų absoliučias vertes bei jų procentinę dalį, galima nustatyti tuos veiksnus, kurie turi daugiausia įtakos dydžiui σ_{Gi}^2 , ir juos tinkamai tvarkyti konstrukcinėmis (techninėmis), technologinėmis, organizacinėmis bei valdymo priemonėmis.

Jeigu galėtume apskaičiuoti dispersijos σ_{Gi}^2 vertę, tai žinotume ir gaminamo asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio bendrąją skaičiuojamąją dispersiją σ_i^2 , sudarytą iš visų veiksnų įverčių (dispersijų) sumos.

Asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio dispersijų σ_{Mi}^2 ir σ_{Bi}^2 sumą galima pavadinti dispersija, priklausančia nuo eksperimento paklaidų σ_{Ei}^2 , t. y.:

$$\sigma_{Ei}^2 = \sigma_{Mi}^2 + \sigma_{Bi}^2. \quad (4)$$

Dispersijos σ_{Gi}^2 vertė labiausiai priklauso nuo asfalt-

betonio mišiniui gaminti naudojamų mineralinių medžiagų granulimetrinės sudėties stabilumo, jose esančio skaičiuojamojo mineralinio komponento kiekio, naudojamų mineralinių medžiagų dozių masės, jų dozavimo klaidų, išreiškiamų dozių masės variacijos koeficientu, taip pat nuo maišinio mineralinės dalies masės. Supaprastinimui svarbiausius veiksnius sujungus į dvi grupes, galima užrašyti:

$$\sigma_{Gi}^2 = \sum_{j=1}^m \sigma_{g.s.i}^2 + \sum_{j=1}^m \sigma_{d.k.i}^2, \quad (5)$$

$\sum_{j=1}^m \sigma_{g.s.i}^2$ – i -ojo mineralinio komponento kiekio asfaltbetonio mišinyje dispersijų, priklausančių nuo jam gaminti galutinai sunaudotų mineralinių medžiagų granulimetrinės sudėties stabilumo, suma, %; $\sum_{j=1}^m \sigma_{d.k.i}^2$ – i -ojo mineralinio komponento kiekio asfaltbetonio mišinyje dispersijų, priklausančių nuo jam gaminti naudojamų galutinai atseiktų mineralinių medžiagų diskretinio dozavimo klaidų, suma, %. Asfaltbetonio mišinio i -ojo mineralinio komponento kiekio vidutinio kvadratinio nuokrypio, priklausančio nuo gamybos technologijos ir technikos veiksnų, skaičiavimo (%) formulė yra tokia:

$$\sigma_{Gi} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{q_j \sigma_{\mu ij}}{Q_{md}} \right)^2 + \sum_{j=1}^m \left(\frac{q_j \mu_{ij} V_{qj}}{100 Q_{md}} \right)^2}, \quad (6)$$

i -asis asfaltbetonio mišinio mineralinis komponentas ($i = (1, \dots, k)$); j -oji diskretiškai dozuojamą mineralinę medžiagą ($j = (1, \dots, m)$); q_j – j -osios mineralinės medžiagos dozės vidutinė faktiškoji masė, kg; $\sigma_{\mu ij}$ – j -ojoje mineralinėje medžiagoje esančio i -ojo mineralinio komponento kiekio vidutinis kvadratinis nuokrypis, masės %; μ_{ij} – j -ojoje mineralinėje medžiagoje esančio i -ojo mineralinio komponento kiekio aritmetinis vidurkis, masės %; V_{qj} – j -osios mineralinės medžiagos dozavimo paklaida, skaitine verte lygi jos dozės masės variacijos koeficientui, %; Q_{md} – gaminamo asfaltbetonio mišinio maišinio mineralinės dalies vidutinė masė, kg.

Formulėje (6) visi kintantys dydžiai priklauso nuo konkrečių asfaltbetonio mišinio gamybos sąlygų, todėl faktiškosios jų vertės gali būti nustatytos eksperimentais.

4. Diskretiškai dozuojamų mineralinių medžiagų granulimetrinės sudėties stabilumas ir jo praktinis vertinimas

Norėdami nustatyti galutinai dozuojamų mineralinių medžiagų (GDM) faktiškosios granulimetrinės sudėties statistinius rodiklius (jose esančių mineralinių komponentų vidutinį kiekį, užterštumą bei stabilumą) iš Lietuvoje ir Ukrainoje funkcionuojančių diskretinio veikimo D-597, D-508-2A ir tolydinio veikimo D-645-3, D-590 modelių septynių asfaltbetonio maišytuvų per darbo pamainą (iš

produkcijos partijos) paėmėme po 40–51 atskirąjį pavyzdį technologiniais sietais išsijotos karštosios frakcijos (0–5 mm ir 5–15) mm bei po 19–26 pavyzdžius šaltųjų mineralinių miltelių. Karštųjų mineralinių medžiagų frakcijos 0–5 mm atskirėji pavyzdžiai, kurių kiekvienas svėrė 4,0–5,0 kg (iš viso 337 pavyzdžiai), ir frakcijos 5–15 mm (iš viso 336 pavyzdžiai), buvo imami jų srautams byrant iš karštojo bunkerio sekcijų į diskretinio svorinio dozatoriaus bunkerį (D-597 ir D-508-2A maišytuvai) arba byrant iš tūrinio dozatoriaus kalibruotų sklendžių į antrojo karšto elevatoriaus apačią (D-645-3 ir D-590 maišytuvai). Šaltųjų mineralinių miltelių atskirėji pavyzdžiai, sveriantys apie 1 kg (iš viso 144 pavyzdžiai), taip pat buvo imami jų srautams byrant į svorinio dozatoriaus bunkerį arba nuo juostinio svorinio dozatoriaus (D-645-3 maišytuvai).

Kiekvieną paimtą atskirąjį pavyzdį (iš viso 817) laboratorijoje sijojame per kontrolinių sietų komplektą, nustatėme jų pilnąsias išbyras per sietus procentais, kurias grupavome ir naudojome visų trijų mineralinių medžiagų granulimetrinės sudėties statistiniams rodikliams skaičiuoti.

Kiekvienoje dozuojamose j -ojoje mineralinėje medžiagoje esančių i -ųjų mineralinių komponentų kiekį μ_{ij} nustatėme iš mūsų eksperimentinių duomenų, gautų išsijojus per kontrolinius sietus daug pavyzdžių, paimtų iš septynių skirtingų modelių asfaltbetonio maišytuvų (žr. lentelę). Kiekvieno mineralinio komponento kiekio mineralinėje medžiagoje vidutinė vertė μ_{ij} apskaičiuota formule:

$$\mu_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^n \bar{X}_{ijl}}{n}, \quad (7)$$

\bar{X}_{ijl} – iš l -ojo asfaltbetonio maišytuvo paimtoje j -ojoje mineralinėje medžiagoje esančio i -ojo mineralinio komponento kiekio aritmetinis vidurkis, %; n – ištirtų asfaltbetonio maišytuvų skaičius.

Gauti eksperimentiniai duomenys ne tik patvirtina teorinių tyrimų [23–25], rodančių, kad dėl ribotos sijojimo trukmės technologiniais sietais išsijotos mineralinės medžiagos visada būna užterštos tam tikru kitokių matmenų grūdelių kiekiu, bet ir atskleidžia, kiek kiekvienoje karštojoje frakcijoje tokių grūdelių faktiškai būna gaminant asfaltbetonio mišinį tirtų modelių maišytuvuose. Šiuos duomenis tikslinga naudoti apskaičiuojant reikalingas karštųjų frakcijų dozatorių nustatomųjų rodyklių padėtis.

Analogiškai buvo apskaičiuotas kiekvienoje j -ojoje mineralinėje medžiagoje esančio i -ojo mineralinio komponento kiekio vidutinis kvadratinis nuokrypis $\sigma_{\mu ij}$, kurio vertės taip pat pateiktos lentelės paskutiniame stulpelyje:

$$\sigma_{\mu ij} = \frac{\sum_{l=1}^n \sigma_{ijl}}{n}, \quad (8)$$

σ_{ijl} – iš l -ojo asfaltbetonio maišytuvo paimtoje j -ojoje

Asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais išsijotose karštųjų mineralinių medžiagų frakcijose ir šaltuosiuose mineraliniuose milteliuose esančių mineralinių komponentų kiekio aritmetiniai vidurkiai \bar{X} ir vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai σ
 Arithmetical means \bar{X} and average quadratic deviations σ of mineral component quantity in hot fractions and cold mineral powder sieved through technological sieves of an asphalt concrete mixer

Asfaltbetonio mišinio mineralinis komponentas	Statistinis rodiklis	Asfaltbetonio maišytuvo modelis ir numeris $l = 1, \dots, n$							Vidutinė vertė $\frac{\mu_{ij}}{\sigma_{\mu ij}}$, %
		D-597 Nr. 1 $l = 1$	D-597 Nr. 2 $l = 2$	D-597 Nr. 3 $l = 3$	D-508-2A Nr. 4 $l = 4$	D-645-3 Nr. 6 $l = 5$	D-590 Nr. 7 $l = 6$	D-597 Nr. 8 $l = 7$	
Išsijota karštoji frakcija 0–5 mm $j = 1$									
Skalda (>5 mm) $i = 1, j = 1$	\bar{X}_5	4,49	3,46	1,84	0,94	13,27	13,72	2,67	5,8
	σ_5	2,28	1,62	1,19	0,36	5,67	11,47	1,81	3,49
Smėlis (5–0,071 mm) $i = 2, j = 1$	$\bar{X}_{5-0,071}$	89,70	84,21	89,22	85,18	75,52	77,56	88,83	84,4
	$\sigma_{5-0,071}$	2,41	1,88	1,76	1,37	4,19	10,21	3,54	3,61
Mineraliniai milteliai (<0,071 mm) $i = 3, j = 1$	$\bar{X}_{0,071}$	6,22	12,32	8,80	13,37	11,17	8,72	7,75	9,8
	$\sigma_{0,071}$	2,15	2,30	1,46	1,37	1,86	1,77	1,22	1,72
Išsijota karštoji frakcija 5–15 mm $j = 2$									
Skalda (>5 mm) $i = 1, j = 2$	\bar{X}_5	82,83	85,01	95,41	79,13	91,31	67,24	81,32	83,2
	σ_5	3,16	4,17	0,74	4,68	1,78	8,35	2,92	3,68
Smėlis (5–0,071 mm) $i = 2, j = 2$	$\bar{X}_{5-0,071}$	16,54	14,06	4,39	18,74	7,10	29,37	17,18	15,4
	$\sigma_{5-0,071}$	3,07	3,81	0,85	4,33	1,69	7,78	2,74	3,46
Mineraliniai milteliai (<0,071 mm) $i = 3, j = 3$	$\bar{X}_{0,071}$	0,56	0,85	0,20	2,31	1,56	3,00	1,51	1,4
	$\sigma_{0,071}$	0,09	0,44	0,06	0,58	0,17	0,55	0,22	0,30
Šaltieji mineraliniai milteliai $j = 3$									
Smėlis (5–0,071 mm) $i = 2, j = 2$	$\bar{X}_{5-0,071}$	15,74	18,91	22,56	13,67	24,53	-	13,27	18,1
	$\sigma_{5-0,071}$	2,14	1,81	1,97	0,38	0,87	-	1,90	1,52
Mineraliniai milteliai (<0,071 mm) $i = 3, j = 3$	$\bar{X}_{0,071}$	84,26	81,09	77,44	86,33	75,47	-	86,73	81,9
	$\sigma_{0,071}$	2,14	1,81	1,97	0,38	0,87	-	1,90	1,52

Komponentai: $i = 1, \dots, k$; medžiagos: $j = 1, \dots, m$; maišytuvai: $l = 1, \dots, n$.

mineralinėje medžiagoje esančio i -ojo mineralinio komponento kiekio vidutinis kvadratinis nuokrypis, %.

Paisant matematinės statistikos dėsnų, kelių vidutinių kvadratinių nuokrypių vidurkis skaičiuojamas ne iš formulės (8), bet pagal Bartleto kriterijų [26], naudojant imčių savorinius įverčius. Tačiau dar tiksliau mineralinėje medžiagoje esančių mineralinių komponentų kiekių vidutinių kvadratinių nuokrypių vidutinės vertės galima nustatyti iš regresijos lygčių, sudarytų remiantis patikimais eksperimentiniais duomenimis.

Iš formulės (28) apskaičiuotos $\sigma_{\mu ij}$ vertės buvo patikslintos atlikus regresinę ir koreliacinę funkcijos $S = f(\bar{X})$ analizę. Remiantis moksline hipoteze [27], kad bet kurios maksimaliai segreguotos biriosios mineralinės medžiagos ar mišinio išbyrėjusių per kontrolinius sietus grūdelių masės didžiausias vidutinis kvadratinis nuokrypis σ_{\max} priklauso nuo šių grūdelių masės aritmetinio vidurkio μ , užrašėme šių kintamųjų sieties lygtį:

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\mu(100 - \mu)}. \quad (9)$$

Iš jos matyti, kad bet kurios biriosios mineralinės medžiagos didžiausią masės vidutinį kvadratinį nuokrypį σ_{\max} turi tokio dydžio (skersmens) grūdeliai (mineralinis komponentas), kurių išbyra per kontrolinius sietus sudaro 50% visų jos grūdelių masės. Mineralinės medžiagos ar mišinio 50% masės sudarančių tokių grūdelių kiekio vidutinis kvadratinis nuokrypis $\sigma_{\max \max} = 50\%$ (2 pav.). Tolstant nuo šio $\mu = 50\%$ taško į kairę pusę iki $\mu = 0\%$ ir į dešinę pusę iki $\mu = 100\%$, vidutinio kvadratinių nuokrypio σ_{\max} vertės mažėja didėjančiu žingsniu iki $\sigma_{\max} = 0\%$.

Realiosios biriosios mineralinės medžiagos ar mišinio vidutinio kvadratinių nuokrypio σ ir variacijos koeficiento V priklausomybės nuo jos išbyrų pro kontrolinius sietus aritmetinio vidurkio μ kreivės (2 pav.) yra žemiau σ_{\max} ir V_{\max} , bet yra tokios pačios formos kaip ir didžiausią granulimetrinės sudėties nestabilumą (segregaciją) atspindinčios charakteristikos $\sigma_{\max} = f(\mu)$ ir $V_{\max} = f(\mu)$. Kuo vienodesnė (homogeniškesnė) mineralinė medžiaga, tuo mažesnės yra jos granulimetrinės sudėties stabilumą atspindinčių kreivių 1 ir 2 ordinatės, tuo ji kokybiškesnė.

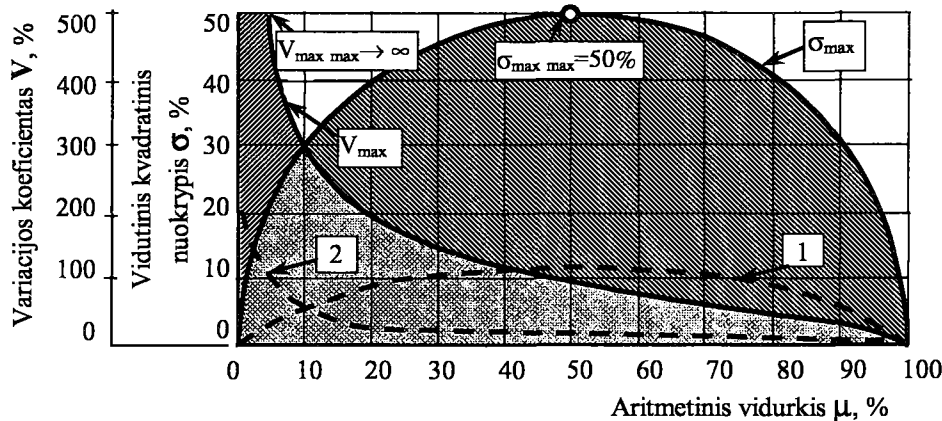
Biriosios mineralinės medžiagos ar mišinio, mišiniui gaminti naudotų medžiagų ar medžiagų, gautų asfaltbetonio maišytuve atlikus technologines operacijas, granulimetrinės sudėties stabilumo charakteristikas teoriškai apskaičiuoti dar niekam nepavyko. Todėl jos išbyrų per kontrolinius sietus empirinių vidutinių kvadratinių nuokrypių S verčių priklausomybę nuo jų masės aritmetinio vidurkio \bar{X} buvo galima nustatyti tik atlikus daugybę eksperimentinių tyrimų.

Ieškodami funkcijos $S = F(\bar{X})$ sudarėme jos regresijos lygtį, kurios forma leidžia tiksliausiai aproksimuoti eksperimentinių tyrimų duomenis:

$$S = \sqrt{a_0 \bar{X}^{a_1} (100 - \bar{X})^{a_2}}, \quad (10)$$

a_0, a_1, a_2 – regresijos lygties koeficientai, lemiantys iš lygties apskaičiuotos kreivės formą (asimetriją ir ekscesą).

Į formulę (10) įrašius apskaičiuotąsias regresijos koeficientų a_0, a_1 ir a_2 vertes, užrašytos gaminamo asfaltbetonio mišinio galutinai dozuojamų mineralinių medžiagų, byrančių iš asfaltbetonio maišytuvo bunkerio sekcijų granulimetrinės sudėties stabilumo regresijos lygtys:



2 pav. Biriosios mineralinės medžiagos ar mišinio grūdelių, išbyrėjusių per kontrolinius sietus, masės vidutinio kvadratinių nuokrypio σ ir variacijos koeficiento V priklausomybė nuo išbyrų per sietus aritmetinio vidurkio μ : σ_{\max} ir V_{\max} – didžiausios stabilumo rodiklių vertės, esant visiškai segreguotai medžiagai; 1 ir 2 – praktikoje gaunamos realiosios stabilumo vertės

Fig 2. Dependence of average quadratic deviation σ and variation coefficient V of aggregate mineral material or mixture particles sieved through laboratory sieves on the arithmetic mean μ of full undersized particles: σ_{\max} and V_{\max} : the greatest values of stability indices when the material is completely segregated; 1 and 2: real stability values obtained in practise

- Išsijotos asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais karštosios mineralinės medžiagos frakcijos 0–5 mm:

$$\hat{S} = \sqrt{6,07 \cdot 10^{-6} \bar{X}^{2,478} (100 - \bar{X})^{1,698}} \quad (11)$$

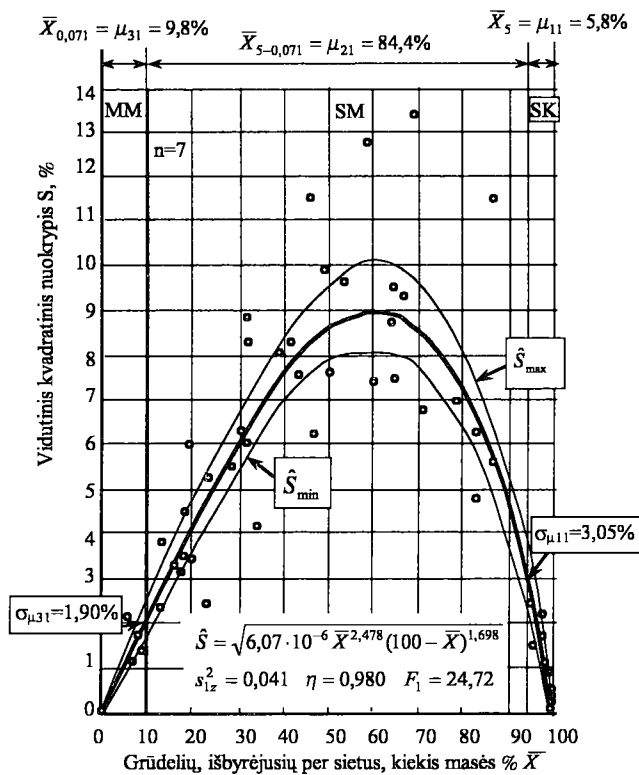
- Išsijotos asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais karštosios mineralinės medžiagos frakcijos 5–15 mm:

$$\hat{S} = \sqrt{7,28 \cdot 10^{-5} \bar{X}^{1,928} (100 - \bar{X})^{1,481}} \quad (12)$$

- Šaltųjų mineralinių miltelių:

$$\hat{S} = \sqrt{9,84 \cdot 10^{-6} \bar{X}^{2,072} (100 - \bar{X})^{1,308}} \quad (13)$$

Pagal šias regresijos lygtis nubraižytos regresijos kreivės (3–5 pav.), rodančios labai skirtingą asfaltbetonio maišytuvuose išsijojamų karštųjų frakcijų ir į juos tiekiamų mineralinių miltelių granulometrinės sudėties stabilumą.



3 pav. Septynių asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais išsijotos karštųjų mineralinių medžiagų smulkausios frakcijos 0–5 mm išbūrų per kontrolinius sietus masės vidutinio kvadratinio nuokrypio S priklausomybė nuo jų aritmetinio vidurkio \bar{X}

Fig. 3. Dependence of average quadratic deviation S of the finest undersized particles of fraction 0-5 mm of hot mineral materials sieved through technological sieves of seven asphalt concrete mixers and then sieved through laboratory sieves on their arithmetical mean \bar{X}

Mažiausiųjų kvadratų metodu aproksimavus empirinius laboratorinių tyrimų duomenis, nubrėžtos funkcijos \hat{S} kreivės ir jos 95% patikimumo ribos \hat{S}_{min} ir \hat{S}_{max} rodo, kad gauti eksperimentinių tyrimų rezultatai gerai atitinka iškeltų teorinių priklausomybių (10) pobūdį. Jie patikimai rodo asfaltbetonio maišytuvų sijotuvų konstrukcijos tobulumą, pro jų technologinius sietus sijojamo karštųjų mineralinių medžiagų mišinio kinetiką, gautų frakcijų segregacijos karšto bunkerio sekcijose pobūdį ir dydį karšto bunkerio sekcijų iškrovimo dozuojančias frakcijas režimą ir kitus techninius, technologinius bei organizacinius veiksnius.

Gautų regresijos lygčių kokybė buvo įvertinta liekamąja dispersija s^2_{1z} , koreliacijos santykiu η , kurio skaitinė vertė lygi daugybiniam koreliacijos koeficientui R , ir statistika F_1 , lyginančia bendrąją ir liekamąją dispersijas [28]. Liekamoji dispersija yra viena iš svarbiausių charakteristikų, rodančių regresijos lygties kokybę. Kuo mažesnė liekamoji dispersija, tuo ji artimesnė iš regresijos lygties apskaičiuotos kintamojo \hat{y}_i vertės eksperimento metu gautoms empirinėms y_i vertėms:

$$s^2_{1z} = \frac{n \left(1 - \sum_{j=1}^k a_j r_{yj} \right)}{n - k - 1} \quad (14)$$

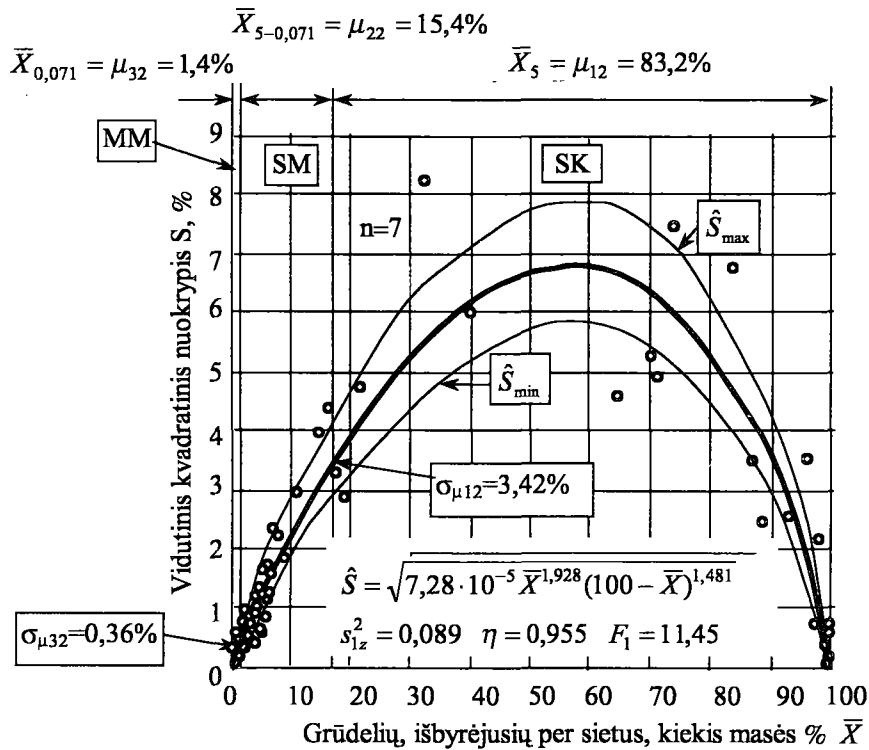
skaitiklyje pateikta liekamoji kvadratų suma, o vardiklyje – laisvės laipsnių skaičius f .

Asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais išsijotos frakcijos 0–5 mm regresijos lygties (11) liekamoji dispersija apskaičiuota $s^2_{1z} = 0,041$. Todėl laikant, jog regresijos lygties forma šios frakcijos pilnutinių išbūrų per kontrolinius sietus vidutinio kvadratinio nuokrypio \hat{S} priklausomybės nuo aritmetinio vidurkio \bar{X} nustatyta teisingai, galima pasakyti, kad \hat{S} kaita priklauso nuo \bar{X} kaitos daugiau kaip 95% ($1 - s^2_{1z} = 1 - 0,041 = 0,959$). Bendroji ir liekamoji dispersijos lyginamos skaičiuojant statistiką F_1 pagal formulę:

$$F_1 = \frac{\bar{s}^2_y}{\bar{s}^2_{1y}} = \frac{1}{s^2_{1z}} \cdot \frac{n}{n - 1} \quad (15)$$

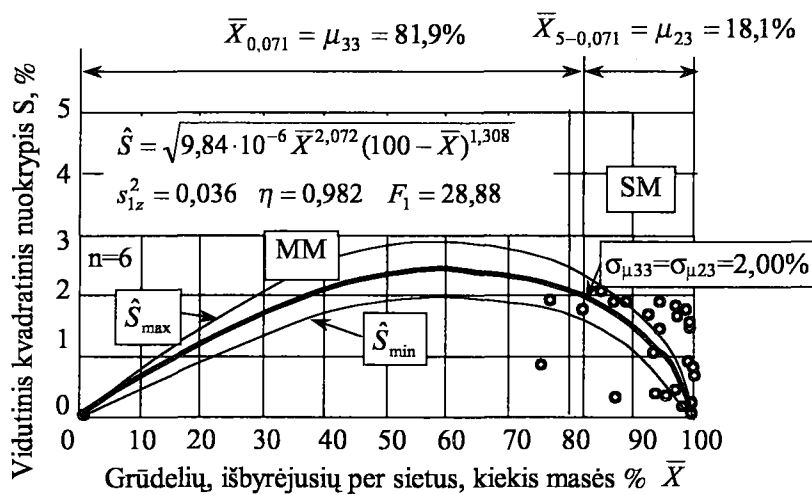
rodančią, kiek kartų priklausomojo kintamojo y dispersija yra didesnė už liekamąją dispersiją. Jeigu $F_1 < 1,5$, tai numatyti regresijos lygtyje rezultatai tik nežymiai tikslesni už tiesiogiai apskaičiuotą aritmetinį vidurkį \bar{y} , esant bet kokioms argumento x_{ij} vertėms, paimitoms neišeinant iš jo kitimo ribų. Kuo didesnė F_1 vertė, tuo pagal regresijos lygtį apskaičiuotos y_i reikšmės yra artimesnės faktiškai gautoms iš eksperimento y_i reikšmėms.

Karštosios frakcijos 0–5 mm mineralinei medžiagai regresijos lygties $S = f(\bar{X})$ apskaičiuotoji statistika $F_1 = 24,72$ rodo, kad pagal lygtį (11) gautos pilnutinių išbūrų per kontrolinius sietus vidutinio kvadratinio nuokrypio \hat{S} vertės yra labai artimos eksperimento metu laboratorijoje gautoms jo vertėms S_j , nes bendroji dispersija net 24,72 karto didesnė už liekamąją dispersiją.



4 pav. Septynių asfaltbetonio maišytuvų technologiniais sietais išsijotos karštųjų mineralinių medžiagų vidutinio stambumo frakcijos 5–15 mm išbyrų per kontrolinius sietus masės vidutinio kvadratinio nuokrypio S verčių kaita, priklausanti nuo jų aritmetinio vidurkio \bar{X}

Fig 4. Variation of average quadratic deviation S values of undersized particles of medium size fraction of 5-15 mm of hot mineral materials sieved through technological sieves of seven asphalt concrete mixers and then sieved through laboratory sieves, which depends on their arithmetical mean \bar{X}



5 pav. Šaltųjų mineralinių miltelių, naudotų asfaltbetonio mišiniui pagaminti šešiuose asfaltbetonio maišytuvuose, išbyrų per kontrolinius sietus masės aritmetinio vidurkio \bar{X} įtaka jų vidutinio kvadratinio nuokrypio S vertėms

Fig 5. Stability of granulometric composition of cold mineral powder used to produce asphalt concrete mixture in six asphalt concrete mixers

Ryšio tarp S ir \bar{X} artumas vertinamas daugybiniu koreliacijos koeficientu R , kurio skaitinė vertė lygi porinės koreliacijos santykiui η .

Daugiafaktorės regresijos daugybinis koreliacijos koeficientas apskaičiuojamas iš lygties:

$$\eta = R = \sqrt{1 - \frac{s_{1y}^2}{s_y^2}}, \quad (16)$$

pošaknio trupmena yra apskaičiuotosios statistikos F_1 atvirkštinis dydis $1/F_1$. Daugybinės koreliacijos koeficientas kinta nuo 0 iki 1. Kuo didesnė jo skaitinė vertė, tuo daugybinis ryšys artimesnis funkcinei priklausomybei.

Technologiniais sietais išsijotos karštosios frakcijos 0–5 mm sietis $S = f(\bar{X})$ regresijos lygties koreliacijos santykis $\eta = 0,980$ rodo, kad kreivoji sietis tarp \hat{S} ir \bar{X} yra labai artima funkcinei. Tikrindami ryšį tarp F_1 ir R , galime užrašyti:

$$R = \sqrt{1 - \frac{1}{F_1}} = \sqrt{1 - \frac{1}{24,72}} = 0,97956 = 0,980 = \eta.$$

Iš nubraižytų pagal regresijos lygtis kreivių (3–5 pav.) žinant, kiek vidutiniškai kiekvienoje mineralinėje medžiagoje yra kiekvieno mineralinio komponento μ_{ij} (1 lentelė) ir \bar{X} ašyje atidėjus mineralinių miltelių MM , smėlio SM ir skaldos SK vidutinius kiekius, randamos šiuos jų kiekius atitinkančių vidutinių kvadratinių nuokrypių $\sigma_{\mu_{ij}}$ faktiškosios vertės. Visų ištirtų modelių asfaltbetonio maišytuvuose išsijotų karštųjų frakcijų 0–5 mm ir 5–15 mm, taip pat naudotų asfaltbetonio mišiniui pagaminti šaltųjų mineralinių miltelių sudėtyje esančių mineralinių komponentų kiekių iš regresijos kreivių gautos vidutinių kvadratinių nuokrypių $\sigma_{\mu_{ij}}$ vertės pateiktos 3–5 pav.

5. Išvados

1. Asfaltbetonio mišinys, gaminamas pagal klasikinę technologiją, sudaromas ne iš pradinių šaltųjų mineralinių medžiagų, kurių granulimetrinė sudėtis ir kitos savybės nustatomos prieš jį projektuojant, bet iš diskretiškai galutinai dozuojamų karštųjų mineralinių medžiagų, gautų pradines mineralines medžiagas tolydžiai dozuojuant, džiovinant, kaitinant ir sijojuant asfaltbetonio maišytuvo technologiniais sietais. Gautos sijojuant 3–5 karštosios frakcijos turi visiškai kitokią granulimetrinę sudėtį negu šaltosios pradinės mineralinės medžiagos ir ją iš anksto prognozuoti yra pakankamai sudėtinga, nes nėra gerai išstudijuota technologinių ir konstrukcinių veiksmų įtaka šių karštųjų frakcijų sudėčiai, taršai, segregacijai ir stabilumui.

2. Asfaltbetonio mišinio gamybos technologinio proceso pradžioje atliktų operacijų paklaidos yra perimtos iš ankstesnių operacijų ir veikia į kitų po jų atliekamų operacijų tikslumą bei stabilumą. Netgi labai tiksliai bei stabiliai asfaltbetonio maišytuve vykdant paskesnes

operacijas, jas atlikusiuose įrenginiuose gauti tarpiniai asfaltbetonio mišinio gamybos produktai, be savų, perima ir tas kokybės rodiklių paklaidas, kurios atsirado pradinėse operacijose, ir jų neigiamo poveikio dažniausiai panaikinti negalima.

3. Galutinai dozuojamų karštųjų frakcijų, kurias supylus su šaltaisiais mineraliniais milteliais ir bitumu tiesiogiai (be tarpinių operacijų) sudaromas asfaltbetonio mišinys, granulimetrinė sudėtis atspindi visų asfaltbetonio maišytuvo agregatų, esančių prieš diskreitinę dozatorių, konstrukcijos netobulumą, technologinių operacijų paklaidas, organizacinių ir valdymo metodų tinkamumą bei joms gauti panaudotų pradinių šaltųjų mineralinių medžiagų kokybę.

4. Asfaltbetonio maišytuvo cilindriniais ar vibraciniais technologiniais sietais sijojamų karštųjų frakcijų faktinę granulimetrinę sudėtį būtina žinoti esant tam tikriems technologiniams parametrų ir ją tinkamai įvertinti apskaičiuojant galutinai dozuojamų mineralinių medžiagų dozatorių rodytuvo nustatomųjų rodyklių padėtis ar užduodant jų dozes valdymo kompiuterinėje programoje.

5. Septynių asfaltbetonio maišytuvų, gaminančių mišinį pagal klasikinę technologiją, technologiniais sietais išsijotos karštosios 0–5 mm ir 5–15 mm frakcijos yra labai (daugiau kaip 10%) užterštos kitų matmenų grūdeliais. Dėl ribotos jų sijojimo trukmės, sijojuoto per didelio apkrovimo sijojamu mineraliniu mišiniu, sietų nusidėvėjimo, nutrūkusių vielų, akutėse įstrigusių grūdelių, bunkerio sekcijų persipildymo ir kitų pažeidimų D-597, D-508-2A, D-645-3 ir D-590 modelių asfaltbetonio maišytuvuose 0–5 mm karštoji frakcija būna vidutiniškai užteršta skaldos grūdeliais, didesniais kaip 5 mm, $\mu_{ij} = 5,8\%$ (nuo 0,94% iki 13,72%) ir mineralinių miltelių mažesniais kaip 0,071 mm grūdeliais – $\mu_{ij} = 9,8\%$ (nuo 6,22% iki 13,37%). 5–15 mm karštojoje frakcijoje mažesnių kaip 5 mm grūdelių vidutiniškai yra $\mu_{ij} = 16,8\%$ (nuo 4,59% iki 32,76%). Mažesniuose kaip 5 mm jos grūdeliuose taip pat yra vidutiniškai $\mu_{ij} = 0,30\%$ mineralinių miltelių (nuo 0,09% iki 0,55%), kurių kiekį būtina vertinti galutinai dozuojuant medžiagas.

Šaltieji mineraliniai milteliai asfaltbetonio maišytuvo įrenginiuose savybių beveik nekeičia ir nesegreguoja, todėl jie turi tokią granulimetrinę sudėtį, kokia buvo nustatyta prieš asfaltbetonio mišinio sudėties projektavimą.

6. Bet kurios biriosios mineralinės medžiagos atskirųjų pavyzdžių, išsijotų per kontrolinius sietus, pilnutinės išbyros procentais pasiskirsto pagal lygtį (10). Iš eksperimentinių duomenų gautos regresijos lygtys ir iš jų nubrėžtos regresijos kreivės (3–5 pav.) parodė, kad smulčiausios 0–5 mm karštosios frakcijos pilnutinių išbyrų per kontrolinius sietus empiriniai vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai \hat{S} dėl jos labai didelės sijojimo ir natūraliosios segregacijos bunkerio sekcijoje yra apie 30% didesni negu stambesnės – 5–15 mm karštosios frakcijos, išbyrančios iš gretimos karštojo bunkerio sekcijos, šio stabilumą atspindinčių rodiklių vertės. Bet kurios mineralinės medžiagos pilnutinės liekanos ant kontrolinio sieto ir pilnutinės

išbyros per šį sietą vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai yra vienodi.

Iš nubraižytų grafikų (3–5 pav.), žinant tam tikro dydžio grūdelių kiekį mineralinėje medžiagoje \bar{X} , galima nustatyti šių grūdelių kiekio vidutinio kvadratinio nuokrypio \hat{S} vertę.

Literatūra

1. Рокас С. Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1977. 152 с.
2. Борисов В. А. Технологическая точность асфальтобетонных заводов и методы ее повышения. Саратов: Изд-во Саратовского универ-та, 1975. 160 с.
3. Сивилевичюс Г. Контроль и регулирование однородности асфальтобетонных смесей при их изготовлении. Дис. ... канд. техн. наук. В., 1984. 384 с.
4. Христукас Ю. Усовершенствование текущего контроля производства асфальтобетонных смесей на основе статистических методов: Дис. ... канд. техн. наук. Вильнюс, 1973. 221 с.
5. Петкявичюс К. Контроль и регулирование технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей: Дис. ... канд. техн. наук. Вильнюс, 1986. 334 с.
6. Sivilevičius H., Rondoš L. Zvyšovanie kvality vyrabanej asfaltobetono zmesi. *Silničný obzor*, 48 roč. Praha, 1987, Nr. 5. s. 136–138.
7. Sivilevičius H. Lietuvoje naudojamų asfaltbetonio maišytuvų analizė ir kokybės įvertinimas. *Miesto plėtra ir keliai: Mokslo žurnalo „Statyba“ priedas*. V.: Technika, 2000, p. 60–71.
8. Поляков А. В. Надежный и эффективный грохот для асфальтосмесительных установок. *Наука и техника в дорожной отрасли*. М.: Изд-во «Дороги», 1998, № 4, с. 20–21.
9. Поляков А. В., Порадек С. В. Каким должен быть грохот для асфальтосмесительной установки. *Наука и техника в дорожной отрасли*. М.: Изд-во «Дороги», 1999, № 2, с. 28–29.
10. Lietuvos standartas LST 1333: 1994. Mineralinės automobilių kelių medžiagos. Bendrieji nurodymai. Terminai ir apibrėžimai. Klasifikacija / Lietuvos standartizacijos tarnyba. 1994. 16 p.
11. Obaidat M. T., Al-Masaeid H. R., Gharaybeh F. An innovative digital image analysis approach to quantify the percentage of voids in mineral aggregates of bituminous mixtures. *Can. J. Civ. Eng.* 1998, 25, NRC Canada, p. 1041–1049.
12. Harvey I., Eriksen K., Sousa K., C. Monismith. Effects of laboratory specimen preparation on aggregate-asphalt structure, air-voids contents measurement, and repetitive simple shear test results. *Transportation Research Record 1454, Transportation Research Board*. National Research Council, Washington, D. C. 1994, p. 113–122.
13. Yue Z., Bekking W., Morin I. Application of digital image processing to quantitative study of asphalt concrete microstructure. *Transportation Research Record 14892, Transportation Research Board*, National Research Council, Washington, D. C., 1995, p. 53–60.
14. Deshpande V. S., Cebon D. Uniaxial Experiments on Idealized Asphalt Mixes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2000 august, Vol 12, No 3, p. 262–271.
15. Lee H.-I., Daniel I. S., Kim Y. R. Continuum Damage Mechanics-Based Fatigue Model of Asphalt Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2000 may, Vol 12, No 2, p. 105–112.
16. Pastor M., Ramond G. Relations entre adhesion, cohesion et module complexe des bitumes. *Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées*. 1982 mars-avril, No 118, p. 47–52.
17. Дорожный асфальтобетон / Л. Б. Безенцев, Н. В. Горельшев, А. М. Богуславский, И. В. Королев. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
18. Горельшев Н. В. Исследование асфальтобетона каркасной структуры и его эксплуатационных свойств в дорожных одеждах: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.23.14. М., 1978. 36 с.
19. Прочность и долговечность асфальтобетона / Б. И. Ладыгин, И. К. Яцевич, С. Л. Вдовиченко и др. Минск: Наука и техника, 1972. 288 с.
20. Рыбьев И. А. Асфальтовые бетоны. М.: Высшая школа, 1969. 400 с.
21. Королев И. В. Пути экономии битума в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1986. 149 с.
22. Bituminous mixtures in road construction / Edited by dr. Robert N/ Hunter. Thomas Telford. London, 1997. 441 p.
23. Volker Schafer. Auswahl von Bindemittel und Einsatz von Walzasphalten in Abhängigkeit von den zu erwartenden Beanspruchungen. *Bitumen*, 61 Jahrgang, N 2+3, 1999, S. 78–90.
24. Jaworski J. Dokladnosc pszesiewania kruszywa I jego dozowania w mieszkach. *Nowosci w technice drogowej*. Warszawa, 1973, z. 57, s. 20–39.
25. Statybos taisyklės. Bendrieji kelių tiesimo ir taisymo darbai. ST 2235248.01: 1999. Asociacija „Lietuvos keliai“. Vilnius, 1999. 160 p.
26. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998. с. 1022.
27. National Cooperative Highway Research Program: Report 34. Evaluation of construction control procedures. Interim report. Highway Research Board, 1967. 117 p.
28. Montgomery D. C. Introduction to Statistical Quality Control. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley and Sons, Inc. 1997. 677 p.

THEORETICAL PRINCIPLES AND EXPERIMENTAL DATA TO IDENTIFY STABILITY OF ASPHALT CONCRETE COMPONENTS IN FINALLY DOSED MINERAL MATERIALS

H. Sivilevičius

Summary

The duration of asphalt concrete functioning depends on the quality of the asphalt concrete mixture used to pave the road. Grading of hot fractions sieved through technological sieves of

asphalt concrete mixture, their pollution with particles of different size as well as stability influence on the quality of an asphalt concrete mixture.

Each j - ($j = 1, \dots, m$) aggregate mineral material or mixture is made up of two (mineral powder, particle of size less than 0,09 or 0,071 mm, and sand, particle of size from 2 to 0,09 mm or 5-0,071 mm) or three (crushed stone, particle size is larger than 2 or 5 mm) mineral components ($i = 1, \dots, k$). When required technological operations of asphalt concrete mixture production are carried out, the quantity and stability of any i - component in mineral materials change when they move through an asphalt concrete mixer. The more stable the quantity of mineral components in mineral materials (especially in finally dosed) is, the more uniform the composition of asphalt concrete mixture is produced.

The experiments showed that when asphalt concrete mixture is produced applying a traditional technology in an asphalt

concrete mixer of model D-597, D-508-2A, D-645-3 and D-590, sieved hot fractions of 0-5 mm and 5-15 are polluted with particles of different size by more than 10 per cent; and this pollution is neither uniform nor stable.

Following a well-known theory, an average quadratic deviation σ of arithmetic undersized particles sieved through laboratory sieves of aggregate mineral materials is the greatest when their mean \bar{X} makes up 50 per cent; therefore, hot fractions of 0-5 mm and 5-15 mm were produced on the experimental data obtained from production as well as regression equations $\sigma = f(\bar{X})$ of statistical indexes of cold mineral powder. The values of average quadratic deviations $\sigma_{\mu ij}$ of mineral component quantities in those finally dosed mineral materials are obtained from curves drawn according to the regression equations. They can be used to estimate dispersion σ_{Gi}^2 of mineral component i in asphalt concrete mixture which depends on the accuracy and stability of technological factors of an asphalt concrete mixer.