

CRITERIA AND METHODOLOGY OF COMPLEX EVALUATION OF BITUMINOUS CONCRETE MIXER QUALITY

H. Sivilevičius

To cite this article: H. Sivilevičius (2011) CRITERIA AND METHODOLOGY OF COMPLEX EVALUATION OF BITUMINOUS CONCRETE MIXER QUALITY, Statyba, 7:3, 213-223, DOI: [10.1080/13921525.2011.10531727](https://doi.org/10.1080/13921525.2011.10531727)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2011.10531727>



Published online: 30 Jul 2012.



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



Article views: 91



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

ASFALTBETONIO MAIŠYTUVO KOKYBĖS KOMPLEKSINIO VERTINIMO KRITERIJAI IR METODIKA

H. Sivilevičius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Automobilių kelių dangai tiesti, rekonstruoti, regeneruoti ir taisyti naudojami asfaltbetonio mišiniai, kurie gaminami specialiuose stacionariuose ar mobiliuose technologiniuose įrenginiuose, vadinamuose asfaltbetonio maišytuvais. Asfaltbetonio maišytuvą sudaro tam tikra seka sujungtų įrenginių, atliekančių asfaltbetonio mišinio gamybos technologines operacijas, visuma. Šiuos įrenginius konstruktoriai, gamintojai ir vartotojai vadinama agregatais. Asfaltbetonio maišytuvo agregatų konstrukcija bei komponavimas priklauso nuo asfaltbetonio mišinio gamybos technologinio proceso schemos.

Lietuvoje daugiausia naudojami periodinio (ciklinio, diskretinio) veikimo stacionarūs asfaltbetonio maišytuvai, kuriuose iš nepertraukiamai dozuojamų pradinųjų šaltųjų mineralinių medžiagų srautų gautas išdžiovinto ir įkaitinto mišinio srautas sijojamas į atskiras 3–5 karštąsias frakcijas. Šios skirtingo stambumo išsijotos mineralinių medžiagų karštųjų frakcijų nustatytos porcijos pridedant vieną prie kitos sveriamos dozatoriaus bunkeryje. Diskretiškai dozautos karštosios frakcijos, atskirai dozautos šaltųjų mineralinių miltelių ir mineralinio dulkių porcijos, taip pat atseikėtas karštasis bitumas sumaišomi priverstinėje maišyklėje ir iš jos maišiniiais išberiamas pagamintas asfaltbetonio mišinys. Pagal šią, klasikine vadinamą, asfaltbetonio mišinio gamybos technologiją veikiančių skirtingų modelių ir konstrukcijų asfaltbetonio maišytuvų, kurių funkcionavimo asfaltbetonio gamykloje trukmė yra nevienoda, kokybė yra skirtinga. Nevienodas asfaltbetonio maišytuvų nusidėvėjimo laipsnis, skirtinga agregatų sandara ir technologinio proceso valdymo sistema parodė, kad jie nevienodai gerai tinka gaminti asfaltbetonio mišinį, nevienodai teršia orą, be to, skiriasi vienas nuo kito ir kitomis savybėmis.

Asfaltbetonio maišytuvai turi atitikti daugelį jam keliamų reikalavimų. Praktikoje vieni reikalavimai įvykdomi, o kiti ne. Maišytuvo kokybę apibūdinantys rodikliai yra nevienodai svarbūs. Todėl viso asfaltbetonio maišytuvo kokybę, konkurencingumą ar tinkamumą naudoti patogu būtų vertinti pagal kompleksinį įvertį. Tačiau tokio, vienu skaičiumi funkcionuojančio asfaltbetonio maišytuvo kokybę apibūdinančio, rodiklio apskaičiavimo metodikos ir matematinio modelio nėra. Kadangi nėra kompleksinio kokybės rodiklio apskaičiavimo metodikos, asfaltbetonio mišinio gamintojai bei kelių tiesėjai negali objektyviai įvertinti veikiančių asfaltbetonio maišytuvų būklės, jų visų palyginti, spręsti apie jų tolesnio naudojimo tikslingumą, pagrįsti investicijų, reikalingų juos tobulinti, dydį bei nustatyti, ar maišytuvai tinkami naudoti dabar ir ateityje.

Šio darbo tikslas – pateikti naują metodiką, leidžiančią vienu skaičiumi apibūdinti veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybę pagal visų svarbiausių parametrų faktiškąsias vertes ir svarbą, išanalizuoti daugiakriterinio kokybės rodiklio kaitos dinamiką ir jo įvertį, atsižvelgiant į nuolat griežtėjančius reikalavimus.

2. Asfaltbetonio maišytuvo kokybės vertinimo tikslai

Asfaltbetonio maišytuvo konstrukcija ir jo agregatuose atliekamų technologinių operacijų parametrai turi būti tokie, kad šiuo maišytuvu pagaminto asfaltbetonio mišinio kokybė atitiktų norminių dokumentų [1, 2, 3], o teršalų emisija – aplinkos apsaugos [4, 5] reikalavimus.

Norint įvertinti veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybę ir pagal ją nustatyti tolesnio jo naudojimo tikslingumą, būtina sukurti maišytuvo kokybę atspindintį daugiakriterinį rodiklį. Veikiančio asfaltbetonio maišytuvo būklę vienu skaičiumi apibūdinančio kompleksinio

rodiklio kūrimo prielaidos pateiktos mūsų parengtoje mokslinio darbo ataskaitoje [6] ir straipsnyje [7]. Tačiau tinkamo matematinio modelio jokioje kitoje mums žinomoje praktiškai gamyboje naudojamoje literatūroje nėra. Pagal objektyvią metodiką apskaičiuotas daugiakriterinis įvertis padėtų:

1. Palyginti asfaltbetonio maišytuvus vieną su kitu ir nustatyti, kuris iš jų yra geresnis.

2. Nustatyti, ar analizuojamo seno modelio asfaltbetonio maišytuvo kokybė atitinka valstybinės įmonės, akcinės bendrovės ekonomikos (pelningumo) išvystymo lygį ir nuspręsti, ar jį tikslinga toliau eksploatuoti, ar racionalu būtų jį išmontuoti.

3. Jei nusprendžiama, kad pagal apskaičiuotą kompleksinio kokybės rodiklio vertę veikiančią asfaltbetonio maišytuvą racionalu naudoti, tuomet galima nustatyti jo kokybės likutinį rezervą ir prognozuoti, kiek laiko nagrinėjamas maišytuvas ateityje dar galės būti naudojamas asfaltbetonio ir kitiems bituminiams mišiniams gaminti.

4. Kai nusprendžiama veikiančią maišytuvą naudoti prieš tai jį iš esmės patobulinus, galima nustatyti jo „blogiausių“ parametrus ir numatyti tokiam tobulinimui būtinas technines priemones ir atitinkamus savininko veiksmus.

5. Nutarus seno modelio maišytuvą išmontuoti, galima spręsti, kokį naują maišytuvą senojo vietoje ar šalia jo toje pačioje asfaltbetonio bazėje racionalu sumontuoti ir gaminti asfaltbetonio mišinį. Kompetentingi ekspertai, pasinaudoję mūsų metodika ir turėdami pakankamai duomenų apie naują perkamą asfaltbetonio maišytuvą, gali įvertinti jo kokybę.

Priimant vienareikšmį sprendimą, kad tikslinga būtų toliau naudoti veikiančią asfaltbetonio maišytuvą, būtina atlikti išsamią įmonės ekonominės būklės analizę, įvertinti maišytuvo kokybę, prognozuoti asfaltbetonio mišinio poreikį, aplinkos apsaugos reikalavimų kitimo tendencijas, ateityje numatomus asfaltbetonio mišinio gamybos su regeneruojamo seno asfaltbetonio trupiniais strategijos pokyčius, potencialių asfaltbetonio mišinio gamintojų (konkurentų) planus ir veiksmus bei kitus svarbius veiksnius.

3. Veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybės vertinimo matematinis modelis

Veikiančio asfaltbetonio maišytuvo tinkamumą atlikti visą būtinas funkcijas galima vertinti atskirais ro-

dikliais, apibūdinančiais skirtingas jo savybes. Kadangi asfaltbetonio maišytuvas turi pasižymėti tam tikromis savybėmis (mišinio kokybė, savikaina, aplinkosauginiai reikalavimai, našumas, technologinis universalumas ir kt.), jo kokybę vertinti pagal atskirus rodiklius yra nepatogu, nes vieno maišytuvo gali būti geresni vieni rodikliai, o kito – kiti. Geriausiai būtų turėti tokį rodiklį, kuris vienu įverčiu (skaičiumi) leistų įvertinti visas ar bent jau svarbiausias asfaltbetonio maišytuvo savybes.

Veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybei vertinti siūlome naudoti kompleksinį daugiakriterinį rodiklį, sudarytą iš asfaltbetonio mišinio gamybos kokybės (sudėties – S , temperatūros – T , homogeniškumo – H), jo gamybos išlaidų – GI , aplinkos apsaugos – AA , maišytuvo fizinio bei moralinio nusidėvėjimo (amortizacijos) laipsnio – NL , jo rekonstrukcijos ir remonto išlaidų – RR , pajėgumų naudojimo – PN , taip pat technologinio universalumo (galėjimo gaminti įvairius praktikoje naudojamus mišinius) – TU įverčių sumos.

Ar veikiančias asfaltbetonio maišytuvą tinkamas toliau naudoti, galima įvertinti remiantis siūlomu kompleksiniu kokybės rodikliu K , kuris apskaičiuojamas iš formulės:

$$K = S \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\Delta k_{fi}|}{|\Delta k_{ni}|}}{n} \right) + T \left(1 - \frac{|\Delta T_p|}{T_p} \right) +$$

$$H \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{ki}}{\sigma_{\max ki}}}{n} \right) +$$

$$AA \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{DLK_i} \right) + GI \left(1 - \frac{s_f}{s_{\max}} \right) +$$

$$NL \left(1 - \frac{a}{100} \right) + RR \left(1 - \frac{r_f}{r_{\max}} \right) + PN \frac{p_f}{p_{\max}} +$$

$$TU (A_{abm} + V_{abm} + SM_{abm} + V_{n abm} + V_{zv abm} +$$

$$PA_{sk} + R_{abm} + L_{abm} + \check{S}I_{abm} + \check{S}A_{abm}), \quad (1)$$

S – gaminamo asfaltbetonio mišinio sudėties tikslumo (kaip atitinka projekto reikalavimus) reikšmingumo

koeficientas nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., pagal devynbalę vertinimo sistemą $S=1-9$ (nes modelį sudaro 9 dėmenys). Kuo reikšmingesnis modelyje esantis veiksnys, tuo didesnis jam suteikiamas reikšmingumo („svorinis“) koeficientas;

$|\Delta k_{fi}|$ – gaminamame asfaltbetonio mišinyje esančio i -ojo komponento kiekio faktiškojo nuokrypio nuo projekcinio jo kiekio modulis, gautas išekstrahavus pagal naują projektą pradėto gaminti mišinio pavyzdžius, t. y. nuokrypis, kuris būna technologiniame procese, nereguliuotame pagal asfaltbetonio mišinio pavyzdžių ekstrahavimo duomenis, rodantis, kaip tiksliai galima nustatyti medžiagų tolydinių dozatorių našumą, diskretnių dozatorių porcijų masę, pradėjus gaminti asfaltbetonio mišinį. Vėliau reguliuojant mišinio gamybos proceso operacijas, koreguojami jų parametrai, mažinant šį komponento kiekio nuokrypį Δk_{fi} , %;

$|\Delta k_{ni}|$ – normuotojo didžiausiojo leistinojo i -jo komponento kiekio gaminamame asfaltbetonio mišinyje nuokrypio modulis, nustatomas pagal [1] reikalavimus, %;

n – gaminamo asfaltbetonio mišinio tiriamųjų komponentų skaičius. Vertinant mišinio gamybos kokybę pagal keturių svarbiausių komponentų (bitumo, mineralinių miltelių, smėlio ir skaldos) kiekių nuokrypius, laikoma, kad $n = 4$;

T – koeficientas, rodantis, ar pagaminto asfaltbetonio mišinio temperatūra atitinka tam tikrus reikalavimus, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $T = 1-9$;

$|\Delta T_p|$ – pagaminto asfaltbetonio mišinio faktinės temperatūros nuokrypio nuo projekte pateiktos jo temperatūros vidurkio modulis, °C;

T_p – gaminamo asfaltbetonio mišinio projektinė temperatūra, kuri priklauso nuo naudojamo bitumo markės, imama iš [2], °C;

H – gaminamo asfaltbetonio mišinio maišinio homogeniškumo, įvertinančio komponentų sumaišymo maišyklėje kokybę, reikšmingumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz. $H = 1-9$;

σ_{ki} – i -ojo komponento kiekio, gaminamo asfaltbetonio mišinio maišinyje, faktiškasis vidutinis kvadratinis nuokrypis, labiausiai priklausantis nuo maišyklės konstrukcijos, techninės būklės, užkrovimo laipsnio ir maišymo maišyklėje trukmės, %;

$\sigma_{\max ki}$ – didžiausias i -ojo komponento kiekio, gaminamo asfaltbetonio mišinio maišinyje, vidutinis

kvadratinis nuokrypis, gaunamas sumaišius komponentus, %;

AA – aplinkos apsaugos asfaltbetonio mišinio gamykloje reikšmingumo koeficientas (pagal atmosferos orą teršiančių medžiagų koncentraciją), nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz. $AA = 1-9$;

c_i – faktinė i -ojo teršalo, išmetamo į atmosferą iš asfaltbetonio maišytuvo agregatų, vidutinė koncentracija, mg/m³;

DLK_i – didžiausia leistinoji i -ojo teršalo, išmetamo į atmosferą, koncentracija, mg/m³. Teršalų emisijos normos imamos iš [4] arba iš kito šaltinio, pvz., iš Lietuvos higienos normų [5];

GI – asfaltbetonio mišinio gamybos išlaidų, nulemiančių produkcijos savikainą, reikšmingumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $GI = 1-9$;

s_f – vienai tonai asfaltbetonio mišinio pagaminti reikalingos faktinės vidutinės gamybos išlaidos (gali būti imama savikaina), Lt/t;

s_{\max} – didžiausios leidžiamosios vienos tonos asfaltbetonio mišinio gamybos išlaidos (gali būti imama didžiausia leidžiama savikaina), nustatomos sutartyje, konkurso sąlygose ar kitame reglamentuojančiame dokumente, Lt/t;

NL – asfaltbetonio maišytuvo fizinio ir moralinio nusidėvėjimo laipsnio (amortizacijos) reikšmingumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $NL = 1-9$;

a – asfaltbetonio maišytuvo faktiškasis nusidėvėjimas nuo jo eksploatacijos pradžios (suminė amortizacija), %;

RR – remontui ir rekonstrukcijai reikalingų darbų išlaidų reikšmingumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $RR = 1-9$;

r_f – asfaltbetonio maišytuvui suremontuoti ar rekonstruoti skaičiuojamaisiais metais skirtos ir panaudotos investicijos, imamos iš darbų projekto sąmatos, Lt;

r_{\max} – didžiausios investicijos, reikalingos asfaltbetonio maišytuvui suremontuoti ar rekonstruoti iki būklės, leidžiančios gaminti kokybišką asfaltbetonio mišinį neteršiant aplinkos oro daugiau, negu leidžia normos, Lt;

PN – asfaltbetonio maišytuvo pajėgumų gaminti asfaltbetonio mišinį naudojimo (išnaudojimo) reikšmin-

gumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $PN = 1-9$;

p_f – maišytuvo zonoje esantiems keliams tiesti, regeneruoti ir taisyti reikalingo pagaminto asfaltbetonio mišinio metinis kiekis, t;

p_{max} – per kalendorinius metus be prastovų optimaliu režimu dirbančiame asfaltbetonio maišytuve, didžiausias mišinio kiekis, t, kurį galima pagaminti. Dažniausiai mišinio kiekis, kurį maišytuvas gali pagaminti, dirbdamas 800 h, apskaičiuojamas iš formulės:

$$p_{max} = 800N_t, \quad (2)$$

N_t – techninis asfaltbetonio maišytuvo valandinis našumas, pvz., D-597A, D-508-2A, DS-117 2E modelio maišytuvams $N_t = 25$ t/h, DS-117-2K – 30 t/h, D-617-2 – 50 t/h, DS-158 – 40 t/h, *Teltomat-5* – 100 t/h, G-1(D-138) – 15 t/h [8].

TU – asfaltbetonio maišytuvo technologinio universalumo reikšmingumo koeficientas, nustatomas ekspertinių tyrimų ar kitu būdu, pvz., $TU = 1-9$. Technologiniu universalumu vadinamas asfaltbetonio maišytuvo galėjimas gaminti įvairių rūšių ir markių mišinius, naudojamus keliams tiesti, remontuoti, regeneruoti. Kuo daugiau rūšių mišinių maišytuvas gali gaminti, tuo jis universalesnis;

$$A_{abm}, V_{abm}, SM_{abm}, V_{n abm}, V_{zv abm}, PA_{sk}, R_{abm},$$

$L_{abm}, ŠI_{abm}, ŠA_{abm}$ – galimybė veikiančiame asfaltbetonio maišytuve gaminti atitinkamai: apatinio dangos sluoksnio karštąjį asfaltbetonio mišinį (A_{abm}); viršutinio dangos sluoksnio karštąjį asfaltbetonio mišinį (V_{abm}); skaldelės ir mastikos karštąjį asfaltbetonio mišinį (SM_{abm}); pagrindo-dangos sluoksnio karštąjį asfaltbetonio mišinį ($V_{n abm}$); pagrindo-dangos sluoksnio karštąjį asfaltbetonio mišinį, skirtą žvyro dangoms uždengti ($V_{zv abm}$); dangos paviršiaus apdoravimo („juodąją“ skaldelę) (PA_{sk}); regenerotąjį karštąjį asfaltbetonio mišinį (R_{abm}); lietąjį karštąjį asfaltbetonio mišinį (L_{abm}); šiltąjį asfaltbetonio mišinį ($ŠI_{abm}$) ir šaltąjį asfaltbetonio mišinį ($ŠA_{abm}$); galimybė gaminti kiekvieną iš jų išreiškiama skaičiumi 0,1.

4. Kokybės kriterijų reikšmingumo nustatymas ir norminimas

Matematinį modelį (1) sudarančių kriterijų reikšmingumą teisingiausiai galima vertinti pagal balus (ran-

gus), suteiktus specialistų ir mokslininkų, gerai išmanančių asfaltbetonio mišinių gamybos technologiją, organizavimą, kokybės kontrolę, ekonomiką, ekologiją bei kitus specifinius dalykus.

Kriterijų reikšmingumui vertinti buvo taikyti ekspertinių tyrimų metodai [9–11]. Tam parengta speciali kompetentingų respondentų apklausos anketa – 9 kriterijų kiekvienas ekspertas privalėjo surašyti pagal svarbą. Svarbiausias kriterijus įvertinamas 9 balais, antrasis pagal svarbą – 8, trečiasis – 7 ir t. t., o mažiausiai svarbus – 1 balu. Tuo pačiu balu (vienodai) įvertintų kriterijų negalėjo būti, todėl visų įverčių suma sudarė 45.

Anketoje kiekvienas respondentas, vertindamas asfaltbetonio maišytuvo kokybę, reikšmingumo koeficientus suteikė trims jame gaminamo asfaltbetonio mišinio gamybos kokybės kriterijams: asfaltbetonio mišinio sudėties tikslumui, t. y. kaip jo komponentų kiekis atitinka projekto reikalavimus (S); kaip jo temperatūra atitinka Taisyklėse nustatytą temperatūrą (T); jo homogeniškumą maišinyje, apibūdinamą dozuotų komponentų sumaišymo kokybe, priklausančia nuo maišymo maišyklėje trukmės (H). Anketoje respondentas asfaltbetonio maišytuvo kokybę vertino ir pagal aplinkos apsaugos kriterijus, t. y. pagal į atmosferos orą išmetamų teršalų kiekį (AA). Šio sudėtingo įrenginio kokybę vertinta ir pagal keturis ekonominius rodiklius: asfaltbetonio mišinio gamybos išlaidas, tenkančias vienai jo tonai (vienos tonos gamybos savikainą) (GI); veikiančio asfaltbetonio maišytuvo fizinio ir moralinio nusidėvėjimo laipsnį (amortizaciją) (NL); jo remontui ir rekonstrukcijai reikalingas išlaidas (RR); pajėgumo išnaudojimą gaminant asfaltbetonio mišinius (PN), taip pat pagal asfaltbetonio maišytuvo technologinį universalumą, t. y. galėjimą gaminti įvairių rūšių, tipų ir markių mišinius (TU).

Kompetentingų respondentų (ekspertų) parinkimas ir jų atsakingumas vertinant asfaltbetonio maišytuvo kokybės kriterijus gali nulemti įverčio K apskaičiuotąją reikšmę.

Respondentų apklausos anketa buvo įteikta 43 ekspertams. Į klausimus atsakė aukščiausią kvalifikaciją turintys specialistai: habilituotas mokslų daktaras I. Leonovičius (Baltarusija) ir devyni mokslo daktarai. Tarp pastarųjų buvo visi aštuoni Lietuvos mokslininkai, apgynę daktaro disertacijas iš asfaltbetonio mišinio gamybos technologijos, kokybės kontrolės bei valdymo

metodų, taip pat iš asfaltbetonio kokybės vertinimo metodų tobulinimo (J. Christauskas, V. Stragys, A. Rimkevičius, H. Sivilevičius, K. Skerys, K. Petkevičius, I. Podagėlis ir D. Čygas). Ekspertiniuose tyrimuose dalyvavo 32 patyrę mūsų šalies gamybininkai ir vienas baltarusis (V. Komikovas – transporto ir kelių viceministras). Kelių specialistai, vadovaudamiesi savo žiniomis, patirtimi ir intuicija, suskirstė kriterijus (rodiklius) pagal svarbą nuo 9 iki 1. Visų ekspertų suteikti asfaltbetonio maišytuvo kokybę atspindinčių rodiklių (kriterijų) reikšmingumo įverčiai (rangai) pateikti 1 lentelėje.

Vidutinis kiekvieno kriterijaus rangas (rangų vidurkis) apskaičiuotas formule:

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m}, \quad j=1, \dots, n, \quad (3)$$

x_{ij} – i -ojo eksperto suteiktas įvertis j -ajam rodikliui (kriterijui); m – ekspertų skaičius.

Apdorojus anketų duomenis apskaičiuoti kiekvienam iš 9 kriterijų įverčių svarbos vidurkiai, kurie pateikti 1 pav. diagramoje. Jos analizė leidžia daryti išvadą, kad asfaltbetonio maišytuvo kokybei svarbiausi yra jame gaminamo mišinio gamybos kokybės kriterijai S, T ir H , kurie sudaro apie 52% kitų kriterijų svarbos. Toks ekspertinių tyrimų rezultatas patvirtina mūsų

[12] teiginius, kad, norint padidinti asfaltbetonio dangos funkcionavimo trukmę, asfaltbetonio mišinį būtina gaminti tiksliau ir stabilesnių savybių (kokybiškesni).

Atliktų tyrimų duomenų patikimumas įvertintas pagal respondentų nuomonių suderinamumą. Tyrimų duomenys tuo vertingesni ir patikimesni, kuo labiau sutampa ekspertų nuomonės. Nuomonių sutapimas apskaičiuotas pagal konkordancijos koeficiento W vertę, kai rangų eilėje nėra vienodų (sujungtų) rangų:

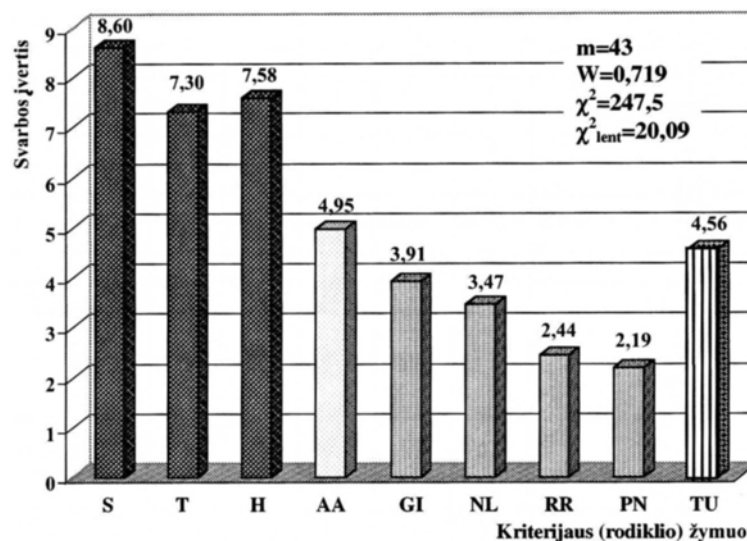
$$W = \frac{12S_k}{m^2(n^3 - n)}, \quad (4)$$

S_k – kiekvieno kriterijaus įverčių nuokrypių nuo vidurkio kvadratų suma, apskaičiuota formule:

$$S_k = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{i=1}^m x_{i,j} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2, \quad (5)$$

m – ekspertų skaičius; n – rangų (kriterijų) skaičius.

Konkordancijos koeficientas $W = 1$, kai visos ekspertų nustatytos rangų eilės sutampa, o $W = 0$, kai visos jos skirtingos. Apskaičiuotasis konkordancijos koeficientas $W = 0,719$ rodo, kad apklausoje dalyvavusių visų $m = 43$ ekspertų nuomonės yra artimos. Konkordancijos koeficientas, apskaičiuotas (4) formule, yra atsitiktinis dydis, o jo faktiškasis konkordancijos reikš-



1 pav. Asfaltbetonio maišytuvo kokybės kriterijų svarbos vidutinių įverčių diagrama

Fig 1. The column diagram of criteria importance average values of quality asphalt mixing plant

Veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybę atspindinčių kriterijų svarbos įverčiai

Estimation of criteria importance, indicating quality operational asphalt mixing plant

Eksperto (respondento) kodas	Kriterijaus (rodiklio) žymuo								
	S	T	H	AA	GI	NL	RR	PN	TU
E1	9	7	8	1	6	4	5	2	3
E2	9	7	8	6	1	3	2	5	4
E3	8	7	9	3	2	5	4	1	6
E4	9	8	6	7	1	5	4	2	3
E5	9	8	7	6	5	4	3	2	1
E6	9	8	7	6	5	4	3	2	1
E7	9	7	8	6	3	5	2	1	4
E8	9	7	6	8	3	2	1	4	5
E9	9	5	8	6	3	4	2	1	7
E10	9	7	8	6	3	1	5	4	2
E11	9	7	8	5	3	1	2	4	6
E12	7	9	5	6	2	3	1	4	8
E13	9	7	8	4	2	5	1	3	6
E14	8	9	7	5	4	2	3	1	6
E15	9	7	8	6	4	3	1	2	5
E16	9	6	7	4	2	3	1	5	8
E17	9	7	8	1	4	6	5	2	3
E18	9	6	8	5	4	3	2	1	7
E19	7	9	8	5	1	2	3	4	6
E20	9	8	7	5	4	6	2	1	3
E21	9	8	7	5	6	2	4	3	1
E22	9	8	7	4	5	3	2	1	6
E23	9	7	6	5	2	3	4	1	8
E24	7	8	9	6	5	4	2	3	1
E25	9	7	8	4	5	1	2	3	6
E26	9	7	8	6	3	4	2	1	5
E27	7	8	9	4	5	1	3	2	6
E28	9	7	8	6	5	2	1	3	4
E29	9	7	8	5	4	3	2	1	6
E30	9	8	7	6	4	5	3	2	1
E31	9	7	8	4	5	3	1	2	6
E32	9	7	8	5	4	3	2	1	6
E33	9	8	7	4	2	6	1	3	5
E34	9	8	7	5	6	3	4	1	2
E35	9	8	7	5	6	3	1	2	4
E36	9	7	8	1	6	4	2	3	5
E37	9	7	8	5	4	2	1	3	6
E38	9	8	7	6	3	4	2	1	5
E39	4	3	8	6	9	2	5	1	7
E40	9	7	8	6	4	5	3	1	2
E41	7	8	9	6	4	3	2	1	5
E42	9	8	7	5	4	6	3	2	1
E43	9	7	8	3	5	6	1	2	4
Rangų suma $\sum_{i=1}^m x_{ij}$	370	314	326	213	168	149	105	94	196
Vidutinis rangas \bar{X}_j	8,6	7,3	7,58	4,95	3,91	3,47	2,44	2,19	4,56
Kriterijų rangų eilė	9	7	8	6	4	3	2	1	5
Vidutinis kvadratinis nuokrypis σ_j	0,98	1,04	0,85	1,05	1,63	1,47	1,26	1,2	2,11

mingumas nustatomas formule:

$$\chi^2 = \frac{12S_k}{mn(n+1)}. \quad (6)$$

Dydis $mW(n-1)$ pasiskirsto pagal χ^2 dėsnį, kai laisvės laipsnių skaičius $9 = n-1$. Jeigu pagal formulę (6) apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė už kritinę χ_{kr}^2 , kuri priklauso nuo laisvės laipsnių $\nu = n-1$ kvantilio ($t = 0,95 - 0,99$), tai ekspertų nuomonių suderinamumo hipotezė pasitvirtina.

Iš tyrimo duomenų apskaičiuotoji χ^2 reikšmė lygi dydžiui $mW(9n-1) = 247,5$ ir yra daug didesnė už nustatytą iš lentelės [13] kritinę χ_{lent}^2 vertę, kai $\nu = n-1 = 9-1 = 8$ su $P = 0,01$ (1%) reikšmingumo lygiu, sudarančią 20,09. Gautasis santykis $\chi^2 > \chi_{lent}^2$ leidžia teigti, jog statistiškai vertinant ekspertų nuomones, pasitvirtina hipotezė apie jų suderinamumą.

Kiekvieno j -ojo kriterijaus atskirai svarbos įverčių stabilumas buvo vertintas pagal vidutinio kvadratinio nuokrypio dydį, apskaičiuotą iš formulės:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{X}_j)^2}{m-1}}. \quad (7)$$

Pagal σ_j vertes galima teigti, jog ekspertų nuomonės vieningiausias vertinant H kriterijaus svarbą ($\sigma_3 = 0,85$) ir S kriterijaus – $\sigma_1 = 0,98$, o nevieningiausias – vertinant TU kriterijaus svarbą $\sigma_9 = 2,11$.

Remiantis specialistų ir mokslininkų atliktos apklausos duomenimis, veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybei vertinti mūsų pasiūlytą kompleksinį daugiakriterinį matematinį modelį (1) galima užrašyti taip:

$$\begin{aligned} K = & 8,60 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\Delta k_{fi}|}{|\Delta k_{ni}|}}{n} \right] + 7,30 \left[1 - \frac{|\Delta T_p|}{T_p} \right] + \\ & 7,58 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{ki}}{\sigma_{\max ki}}}{n} \right] + 4,95 \left[1 - \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{DLK_i} \right] + \\ & 3,91 \left[1 - \frac{s_f}{s_{\max}} \right] + 3,47 \left[1 - \frac{a}{100} \right] + 2,44 \left[1 - \frac{r_f}{r_{\max}} \right] + \\ & 2,19 \frac{P_f}{P_{\max}} + 4,56 [A_{abm} + V_{abm} + SM_{abm} + V_{n abm} + \\ & V_{\dot{z}v abm} + PA_{sk} + R_{abm} + L_{abm} + \dot{S}I_{abm} + \dot{S}A_{abm}]. \end{aligned} \quad (8)$$

Pateiktame matematiname modelyje (8) dešinėje kriterijų reikšmingumo koeficientų pusėje esančius kitus reikalingus dydžius vertinamam asfaltbetonio maišytuvui galima gauti jame atlikus gaminamo asfaltbetonio mišinio gamybos kokybės, aplinkos apsaugos, ekonominis bei technologinio universalumo kompleksinius tyrimus.

Iš matematiname modelyje (8) pateiktų narių tik keturi yra tiesiogiai ar netiesiogiai normuoti oficialiuose dokumentuose ir turi leistinąsias didžiausias ar mažiausias vertes:

- gaminamo asfaltbetonio mišinio **sudėtis**, išreikšta jame esančių mineralinių komponentų (skaldos, smėlio ir mineralinių miltelių) bei bitumo kiekių didžiausiais leistiniais nuokrypiais, pateiktais DAT.AD-96 Taisyklių [1] p.1.4.3.3 1.6 lentelėje;

- gaminamo asfaltbetonio mišinio **temperatūra**, išreikšta jo maišymo temperatūros didžiausia ir mažiausia vertėmis, priklausančiomis nuo naudojamo bitumo markės, pateiktomis DAT.AD-96 Taisyklių Pakeitimų ir papildymų [2] (p. 5) lentelėje;

- gaminamo asfaltbetonio mišinio **homogeniškumas**, netiesiogiai išreikštas komponentų maišymo priverstinio maišymo periodinio veikimo maišyklėje mažiausia trukme, kuri nustatyta ne mažesnė kaip 30 s, pateikta DAT.AD-96 Taisyklių [1] p. 1.4.3.4 tryliktojo puslapio trečiojoje pastraipoje iš viršaus.

- **aplinkos apsauga**, išreiškiami išmetamų į atmosferos orą leidžiamų didžiausių koncentracijų (DLK) dydžiu, pateiktu Normų [4] penktojo puslapio lentelėje.

Kiti penki daugiakriterinio matematinio modelio kriterijai nenormuoti, tačiau jie turi įtakos veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybei. Juos reikėtų taip pat reglamentuoti nustatant leistinąsias (ribines) vertes.

5. Asfaltbetonio maišytuvo kokybės kaita jį eksploatuojant

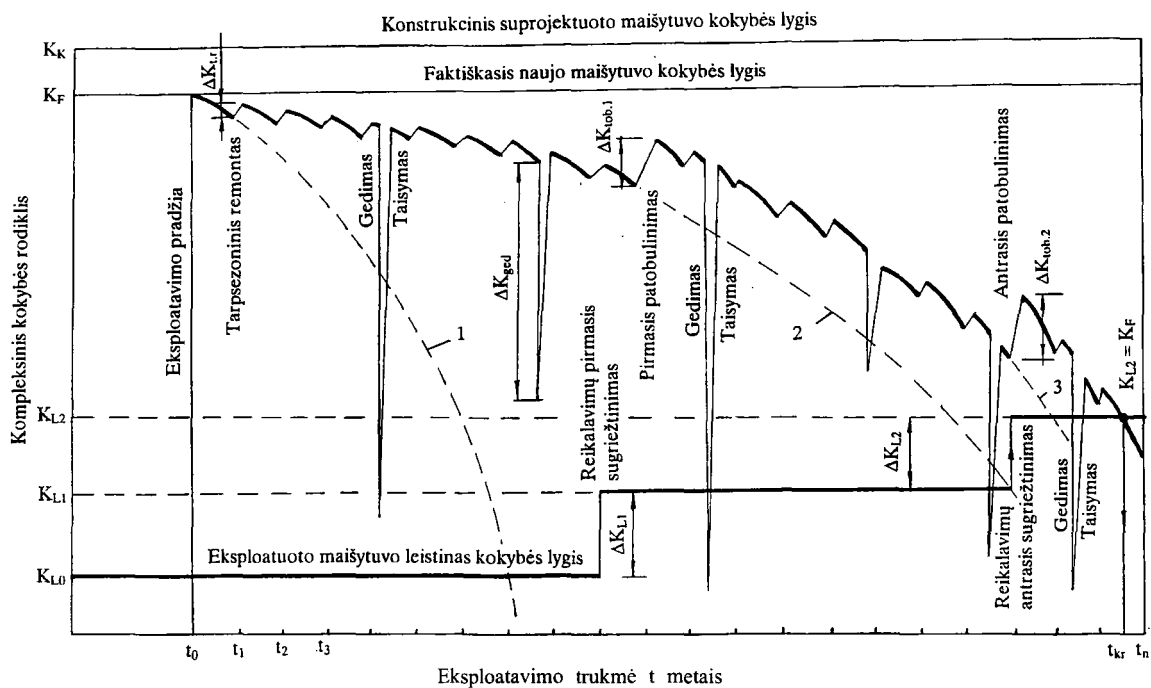
Asfaltbetonio maišytuvo technologinės galimybės priklauso nuo jo konstrukcijos. Kiekvienas maišytuvo agregatas turi tam tikrus optimalius technologinius parametrus bei racionalias jų kitimo ar keitimo ribas. Sumontavus ir tinkamai suderinus įrenginius, kaip reikalauja juos pagaminusi gamykla, tikėtina, kad asfaltbetonio maišytuvai turės tokias savybes, kurios leis visiškai išnaudoti jo konstrukcines galimybes. Eksploatuojant asfaltbetonio maišytuvą kai kurie jo agregatų mazgai bei

jų dalys dėvėsi ir dėl to keičiasi agregatų darbo parametrai. Darant logišką prielaidą, kad, dėvintis maišytuvo agregatų mazgams bei detalėms, jų darbą atspindintys parametrai nuolat blogėja, kompleksinio kokybės rodiklio K kitimą laikui bėgant galima pavaizduoti krantinčia laužyta linija (2 pav.) [7]. Tikėtina, kad gamykla, pagaminusi asfaltbetonio maišytuvo agregatus, taip pat galėjo pažeisti jų gamybos surinkimo technologiją, dėl to konkretaus asfaltbetonio maišytuvo parametrai yra blogesni už instrukcijoje (pase) pateiktus rodiklius dydžiu $K_K - K_F$.

Eksploatuojant asfaltbetonio maišytuvą ir griežtėjant jam keliamiems reikalavimams (universalumui, aplinkos apsaugos, jame pagaminto mišinio kokybės, savikainos ir kt.), savininkas verčiamas tobulinti maišytuvo agregatus, nuo kurių būklės labiausiai priklauso naujų reikalavimų įvykdymo galimybė. Maišytuvo agregatų nežymus patobulinimas, kuriam reikia nemaža investicijų, tik tam tikram periodui pagerina jo savybes. Tačiau toks bazinio modelio asfaltbetonio maišytuvo konstrukcijos tobulinimas dažniausiai yra techniškai apribotas ir ne

visada pakankamai efektyvus. Tik kai kurių naujų asfaltbetonio maišytuvų agregatai gali būti tinkami seno maišytuvo tobulinimui.

Lietuvoje veikiantis asfaltbetonio maišytuvas priklauso sezoninio naudojimo mašinoms, nes jame asfaltbetonio mišinys gaminamas tik, kai oro temperatūra jo klojimo vietoje yra ne mažesnė už minimalią leistiną temperatūrą, nustatomą atitinkamuose norminiuose dokumentuose (standartuose ar instrukcijose). Atšalus orui žemiau minimalios mišinio panaudojimo temperatūros (o tai dažniausiai būna vėlų rudenį ir žiemą), asfaltbetonio maišytuve galima gaminti šaltąjį asfaltbetonio mišinį ar įkaitintas mineralines medžiagas. Tačiau dažniausiai šiuo metų laiku asfaltbetonio maišytuvas ar tik kai kurie jo agregatai taisomi, reguliuojami, nusidėvėjusios detalės keičiamos naujomis ar restauruojamos. Atlikus šiuos darbus, padidinamas asfaltbetonio maišytuvo kompleksinis kokybės rodiklis dydžiu $\Delta K_{t,r}$ iki šiek tiek žemesnio, negu jis buvo praėjusio darbų sezono pradžioje, lygmens. Kadangi tarpsezoninio remonto metu ne visi asfaltbetonio maišytuvo agregatai, mazgai ar de-



2 pav. Eksploatuojamo asfaltbetonio maišytuvo kompleksinio kokybės rodiklio kitimas, kai atliekami jo tarpsezoniniai remontai, taisomi gedimai ir tobulinami agregatai: 1 – jei nebūtų gedimų ir tarpsezoninių remontų; 2, 3 – jei nebūtų tobulinami agregatai

Fig 2. Change of a complex index of quality of the asphalt concrete mixer at fulfillment of interseasonal repairs, troubleshooting and refinement of its aggregates: 1 – if no faults and interseasonal repairs; 2, 3 – if no aggregates of the installation were improved

talės taisomi – tik nusidėvėję daugiau, negu leidžiama, tai dėl netaisyčių, tačiau taip pat lėtai dylančių elementų maišytuvo kompleksinis kokybės rodiklis turi tendenciją nuolat mažėti. Jei nebūtų atliekamas asfaltbetonio maišytuvo tarpsezoninis remontas, tai jo kompleksinis kokybės rodiklis K intensyviai mažėtų (2 pav. 1 kreivė) ir maišytuvas nebūtų tinkamas mišiniui gaminti jau po kelerių metų nuo jo eksploatavimo pradžios.

Eksploatuojamame asfaltbetonio maišytuve mišinio gamybos darbų sezonu galimi žymūs agregatų gedimai, kurie įvyksta staiga, taip sumažindami kompleksinį kokybės rodiklį K dydžiu ΔK_{ged} žemiau maišytuvo leistino kokybės lygio K_L arba priartindami K prie K_L . Sugedęs asfaltbetonio maišytuvas per tam tikrą laiką pataisomas, kiek įmanoma bandant atkurti jo kompleksinį kokybės rodiklį iki prieš gedimą buvusio lygmens.

Eksploatuoto asfaltbetonio maišytuvo pradinis leistinas kokybės lygis K_{LO} gali būti padidintas iki K_{L1} dydžiu ΔK_{L1} , atitinkančiu šiandienos reikalavimus. Pirmą kartą sugriežtinus reikalavimus, tikėtina, kad maišytuvo savininkas po tam tikro laiko ar tuoj pat, norėdamas pratęsti asfaltbetonio maišytuvo funkcionavimo trukmę, patobulins labiausiai morališkai, techniškai, ekologiškai ar kitaip pasenusius agregatus ar mazgus. Atlikęs tokį pirmąjį patobulinimą, asfaltbetonio maišytuvo savininkas kompleksinio kokybės rodiklio kitimo laiku kreivę pakelia į viršų dydžiu $\Delta K_{tob.1}$, taip nutolindamas kritinę jo eksploatavimo trukmę t_{kr} . Jei maišytuvas nebūtų tobulinamas, jis būtų eksploatuojamas daug trumpiau negu t_{kr} laiką, atitinkantį 2 kreivės susikirtimo su K_{L1} taško padėtį.

Nuolat dėvintis visiems asfaltbetonio maišytuvo agregatams, mazgams, jų atskiroms grandims bei detalėms, jo kompleksinis kokybės rodiklis dar intensyviau mažėja per laiką t , greitindamas maišytuvo resurso visišką išnaudojimą. Tikėtina, kad jį eksploatuojant dar antrą kartą gali būti sugriežtinti reikalavimai dydžiu ΔK_{L2} . Šiuo atveju maišytuvo savininkui iškyla labai sudėtingas uždavinys – ar verta atlikti antrąjį agregatų patobulinimą dydžiu $\Delta K_{tob.2}$, žinant, kad ir po tobulinimo darbų jo naudojimo kokybiškiems ir pigiems asfaltbetonio mišiniams gaminti neteršiant aplinkos trukmė bus pratęsta tik keleriems metams. Jei nusidėvėjusiame maišytuve negalima gaminti kokybiškų asfaltbetonio mišinių, tinkančių Lietuvos automobilių kelių direkcijos

(LAKD) valstybiniais užsakymams vykdyti, tai jį galima eksploatuoti, bet su labai dideliais apribojimais, galinčiais iš esmės sumažinti užsakymų asfaltbetonio mišiniui apimtį, taip jų gamybą padaryti nuostolingu verslu, artinančiu prie asfaltbetonio mišinio gamyklos ar įmonės, kuriai priklauso gamykla, bankroto.

Asfaltbetonio maišytuvo kompleksinio kokybės rodiklio reikšmė priklauso ne tik nuo jo techninio būvio (agregatų konstrukcijos savybių), bet taip pat ir nuo grynai technologinių savybių (mišinio gamybos technologinio proceso atskirų operacijų suderinamumo, jų vykdymo režimo – nuokrypų nuo optimalių parametrų dydžio). Norint pagerinti gaminamo asfaltbetonio mišinio kokybę, reikia taip organizuoti gamykloje pagalbinius bei parengiamuosius darbus bei valdyti maišytuve vykstančias technologines operacijas ir nustatyti šių operacijų parametrus, kad būtų maksimaliai išnaudotos technologinės maišytuvo galimybės.

Todėl kiekvieno modelio maišytuvų grupėms ar tiriamojo modelio individualiems maišytuvams reikia kelti tokius reikalavimus, kuriems esant būtų gauti geriausi gaminamo asfaltbetonio mišinio kokybės rodikliai, mažiausiai būtų teršiama gamta, mažiausia produkcijos vietoje savikaina. Asfaltbetonio maišytuvui keliant per didelius reikalavimus, kurių negalima įvykdyti net idealiai suregulius jame vykstančias mišinio gamybos technologinio proceso operacijas bei sutvarkius jo konstrukciją, tokio maišytuvo negalima naudoti norimos aukštos kokybės mišiniui gaminti neteršiant aplinkos. Toks maišytuvas, neatitinkantis jam keliamų pagaminto mišinio kokybės, gamtosauginių, ekonominių reikalavimų ar kurio nors iš jų, turi būti rekonstruotas, o, jei neapsimoka, išardytas atsarginėms detalėms. Kiekvieno asfaltbetonio maišytuvo rekonstrukcijos darbų atlikimo būtinumą, darbų seką bei apimtį galima nustatyti tik atlikus išsamią kompleksinę jo analizę, pagrįstą atitinkamais tyrimais ir skaičiavimais.

6. Išvados

Asfaltbetonio maišytuvų eksploatuotojai (savininkai), naudojantys senų modelių per keliolika ar keliasdešimt mišinių gamybos metų nusidėvėjusius asfaltbetonio maišytuvus, turi rūpintis, kad jų būklė atitiktų nuolat griežtėjančius mišinio kokybės, aplinkos apaugos, ekonominiams rodikliams ir technologiniam jų universalumui keliamus reikalavimus. Pasenusių maišytuvų

konkurencingumas asfaltbetonio mišinių gamybos rinkoje nebuvo moksliskai pagrįstas, todėl labai svarbu yra sukurti maišytuvo kokybės vertinimo kriterijus ir metodiką.

2. Sukurtame daugiakriteriniame matematiname modelyje (1), išreiškiančiame koeficientu K veikiančio asfaltbetonio maišytuvo kokybę, taikyti keturių grupių rodikliai (kriterijai): asfaltbetonio mišinio gamybos kokybės (sudėtis – S , temperatūra – T ir homogeniškumas – H); teršalų emisijos (AA); ekonomikos (gamybos išlaidos – GI , maišytuvo nusidėvėjimo laipsnis – NL , jo remonto ir rekonstrukcijos išlaidos – RR , pajėgumų naudojimas – PN) ir technologinio universalumo (TU). Pagal taip apskaičiuotą K vertę galima lyginti maišytuvų kokybę ir spręsti apie jų tolesnio naudojimo tikslumą.

3. Šių kriterijų svarba, nustatyta ekspertinių tyrimų metodais pagal devynbalę sistemą, parodė, kad svarbiausi asfaltbetonio maišytuvo kokybę atspindintys kriterijai yra jo gebėjimas gaminti tinkamos sudėties asfaltbetonio mišinį (rodiklis S , kurio vidutinis įvertis $\bar{X}_j = 8,60$); po jo – rodiklis H ($\bar{X}_j = 7,58$); trečiasis pagal svarbą rodiklis T ($\bar{X}_j = 7,30$); ketvirtasis – AA ($\bar{X}_j = 4,95$); penktasis – TU ($\bar{X}_j = 4,56$); šeštasis – GI ($\bar{X}_j = 3,91$); septintasis – NL ($\bar{X}_j = 3,47$); aštuntasis – RR ($\bar{X}_j = 2,44$) ir devintasis (paskutinis) – PN ($\bar{X}_j = 2,19$). Didelė konkordancijos koeficiento ($W = 0,719$) vertė ir jo reikšmingumo tikrinimo pagal χ^2 kriterijų duomenys, gauti lyginant apskaičiuotą χ^2 vertę su kritine jo verte χ_{kr}^2 ($\chi^2 = 247,5 \gg \chi_{kr}^2 = 20,09$), parodė, kad visų 43 apklausoje dalyvavusių ekspertų nuomonės sutampa.

4. Pateikta eksploatuojamo asfaltbetonio maišytuvo kokybės kompleksinio rodiklio kaitos dinamika rodo, kad griežtėjant gaminamo asfaltbetonio mišinio kokybei bei aplinkos apsaugos reikalavimams, jis darosi vis mažiau tinkamas naudoti ir, artėdamas prie kritinės ribos, turi būti tobulinamas, rekonstruojamas, o galiausiai – išmontuojamas jį pakeičiant nauju – tobulesniu.

Literatūra

1. Automobilių kelių tiesimo darbų priėmimo taisyklės. Asfaltbetonio dangos. DAT. AD-96 / VĮ „Problematika“. Vilnius, 1997. 76 p.

- Automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisyklės. Asfaltbetonio dangos. DAT. AD-96. Pakeitimai ir papildymai / VĮ „Problematika“. Vilnius, 1998. 7 p.
- Statybos taisyklės. Bendrieji kelių tiesimo ir taisymo darbai. ST 2235248.01:1999. Vilnius, Asociacija „Lietuvos keliai“, 1999. 160 p.
- Rekomenduojamas asfaltbetonio gamyklose išmetamų į aplinką kenksmingų medžiagų normos / VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas. Vilnius, 1998. 46 p.
- Gyvenamosios aplinkos atmosferos orą teršiančių medžiagų didžiausia leidžiama koncentracija. Lietuvos higienos norma HN 35–1993 / Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, 1994. 53 p.
- H. Sivilevičius. Įvertinti asfaltbetonio gamyklų būklę, jėse veikiančių maišytuvų darbo kokybę bei naudojimo tikslumą: Mokslinio darbo ataskaita / VGTU. Vilnius, 2000. 114 p.
- P. Malinauskas, H. Sivilevičius. Asfaltbetonio maišytuvo kokybės kompleksinio rodiklio kaita laike: Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“, įvykusios Vilniuje 2000 m. gegužės mėn. 24 d., medžiaga. Vilnius: Technika, 2000, p. 95–101.
- Оборудование асфальтобетонных заводов и эмульсионных баз / В. А. Тимофеев, А. А. Васильев, В. А. Декань. М: Машиностроение, 1989. 256 с.
- Л. Г. Евланов. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984. 176 с.
- Математическая статистика: Учебник / В. М. Иванова, В. Н. Калинина, Л. А. Нешумова и др. М.: Высшая школа, 1981. 371 с.
- Э. К. Завадкас. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве. Вильнюс: Моклас, 1987. 212 с.
- K. Petkevičius, H. Sivilevičius. Automobilių kelių asfaltbetonio dangos ir jos konstrukcijos reikiamos savybės ir racionali funkcionavimo trukmė // Transportas, XV t., Nr. 4. Vilnius: Technika, 2000, p. 184–195.
- Montgomery Douglas C. Introduction to statistical quality control. Thir Edition. Brisbane: 1997. 677 p.

Įteikta 2000 10 3

CRITERIA AND METHODOLOGY OF COMPLEX EVALUATION OF BITUMINOUS CONCRETE MIXER QUALITY

H. Sivilevičius

S u m m a r y

The structure and sequence of technological operations of mixers for bituminous concrete mixtures, functioning in Lithuanian bituminous concrete mixing plants have been analyzed. The problems, which are subject to interest by the owners of bituminous concrete mixers, have been systematized. The necessity and objectives of quality evaluation of

the functioning bituminous concrete mixers have been proved. A new multi-criteria mathematical model for determining quality of bituminous concrete – consisting of the sum of 4 group indicators, which evaluate quality of bituminous concrete mixture production in the mixer, environmental care, economy and technological universality – has been provided. The following 9 criteria make up the mathematical model, which can be used for calculation of quality indicator K of the working bituminous concrete mixer: accuracy of the bituminous concrete mixture content, produced in the mixer, ie the conformity of its component quantity with the project requirements (s); its temperature conformity with the temperature determined (t); its homogeneity in the batch, described by the mixing quality of batched components (h); environmental care, when the air is polluted by pollutants, thrown out from bituminous concrete (aa); bituminous concrete mixture production expenses as for one ton of (gi); level of physical and moral wear of the mixer (nl); expenses, needed for its maintenance and reconstruction (rr); use of its capacity when producing bituminous concrete mixture (pn); as well as technological universality of bituminous concrete mixer, ie ability to produce mixtures of different types and marks (tu).

Coefficients of significance (importance) of all criteria are determined, using expert research methods. For this purpose a questionnaire for respondents (experts) has been prepared, which was filled by 43 scientists and production specialists, who have good knowledge of technology of bituminous concrete mixture production. The high value of concordation coefficient ($W = 0,719$) has shown good coor-

dination of expert opinions, because $\chi^2 = 247,5$ is much higher than critical χ_{kr}^2 value with $\nu = 8$ freedom level and 1% of accepted significance level, which makes up only 20,09.

The experts believe that the most important criteria, reflecting the quality of bituminous concrete mixture are $S(\bar{X}_j = 8,60)$, $H(\bar{X}_j = 7,58)$, $T(\bar{X}_j = 7,30)$, following in the range is the criterion $AA(\bar{X}_j = 4,95)$, $TU(\bar{X}_j = 4,56)$, $GI(\bar{X}_j = 3,91)$, $NL(\bar{X}_j = 3,47)$, and at the end least important $RR(\bar{X}_j = 2,44)$ and $PN(\bar{X}_j = 2,19)$. total sum of criteria is 45.

The bituminous concrete mixer quality change when using it has been provided. The relation of its quality coefficient K reduction rhythm and level of conformity with the requirements imposed and constantly getting stricter has been analyzed.

.....
Henrikas SIVILEVIČIUS. Doctor, Associate Professor. Dept of Transport Technology Equipment Faculty of Transport Engineering. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Plytinės g. 27, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: tti@ti.vtu.lt

Doctor (1984, highway engineering). First degree in Highway Engineering, Vilnius Civil Engineering Institute (1972, VISI, now VGTU). Research visit: Bratislava Technical Higher School (Slovakia, 1986).—Author of about 100 scientific publications. Research interests: improvement of asphalt concrete mixture quality and increase in road pavement lifetime (by technological and recycling methods).