

ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTHENING AND MODELLING OF ITS EFFECT ON ROAD EVENNESS

V. Puodžiukas & Z. Kamaitis

To cite this article: V. Puodžiukas & Z. Kamaitis (1999) ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTHENING AND MODELLING OF ITS EFFECT ON ROAD EVENNESS, *Statyba*, 5:6, 386-393, DOI: [10.1080/13921525.1999.10531493](https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531493)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1999.10531493>



Published online: 26 Jul 2012.



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



Article views: 145



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

ASFALTBETONIO DANGŲ STIPRINIMAS IR JO ĮTAKOS KELIO LYGUMUI MODELIAVIMAS

V. Puodžiukas, Z. Kamaitis

1. Įvadas

Kelio danga yra vienas svarbiausių kelio struktūrinių elementų. Ją nuolatos veikia statinės ir dinaminės transporto apkrovos bei klimato kaita. Dėl eismo ir klimato poveikio kinta žemės sankasos gruntų ir dangos konstrukcijos fizinės bei mechaninės savybės. Kritinės sąlygos susidaro žiemą ir pavasarį, kai veikiamos šalčio medžiagos tampa trapios, o dėl drėgmės pertekliaus jos darosi plastiškos. Ypač nepalanki situacija gali susiklostyti pavasarį, kai nesutvirtintuose dangos konstrukcijos sluoksniuose yra drėgmės perteklius, o asfaltbetonio danga, esant aukštomis temperatūroms, įkaista. Neigiamą įtaką dangos būklei taip pat turi šalčio ciklai, kai ekstremaliais neigiamais temperatūras keičia teigiamos: deformuojasi žemės sankasos grunta ir dangos konstrukcijos sluoksniai, sumažėja jų stiprumas.

Netgi pagal aukščiausius techninius standartus suprojektuotos, pagal pažangiausias technologijas įrengtos kelio dangos kokybė po truputį mažėja: atsiranda ir didėja įvairūs defektai, blogėja dangos eksploatacinės savybės, stiprumas tampa nepakankamas.

Dangų irimo procesus pastaruoju metu paspartino šie veiksniai:

- padidėjo sunkių transporto priemonių kiekis;
- nuolat didėja sunkių transporto priemonių ašinės apkrovos;
- sunkios transporto priemonės neretai perkraunamos.

Veikiant šioms veiksniams, anksčiau ar vėliau kyla poreikis stiprinti dangas.

Buvo išnagrinėti keli asfaltbetonio dangų būklės vertinimo ir jos stiprinimo metodai: JAV Asfalto instituto siūlomas įlinkių metodas [1], AASHTO metodas [2], VGTU asfaltbetonio dangų būklės vertinimo metodas, Europos Sąjungos rekomendacijos COST 324 [3] ir COST 325 [4], Pasaulio banko rekomenduojami HDM-III [5] ir HDM-4 [6] metodai ir nemaža mokslinių straipsnių.

Pagal juos sukurta metodika, pritaikyta Lietuvos sąlygomis, atsižvelgiant į esamas kelių tiesimo ir priežiūros technologijas.

Šiame straipsnyje pateikiamas dangų stiprumo ir dangų stiprinimo poreikio įvertinimas bei išanalizuota dangų stiprinimo įtaka kelio lygumui Lietuvos magistraliniuose ir krašto keliuose.

2. Dangų stiprumo įvertinimas

Kelio dangos stiprumas gali būti apskaičiuojamas pagal įvairias metodikas. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institute esamos dangos stiprumas apskaičiuojamas, naudojant kompiuterinę programą ELMOD [7] ir taikant AASHTO [2] metodiką.

ELMOD programose svarbiausi įvardiniai duomenys yra šie: išmatuoti dangos įlinkiai, jų matavimo laikas, oro ir dangos paviršiaus temperatūros, išmatuota arba apskaičiuota dangos temperatūra $1/3$ dangos storio gylyje, sezono poveikio koeficientas.

ELMOD programa pateikia esamos dangos konstrukcijos trijų sluoksnių ir žemės sankasos grunto tamprumo modulius, esamos dangos liekamąjį amžių, taip pat nurodo dangos konstrukcijos sluoksnius, kurių stiprumas nepakankamas.

Taikant AASHTO metodiką esamos dangos stipris apibūdinamas vadinamuoju struktūriniu skaičiumi SN , kuris apskaičiuojamas šiais metodais:

- dangos įlinkių metodu,
- dangos būklės metodu,
- dangos liekamojo amžiaus metodu.

Esamos dangos stipris įlinkių metodu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$SN_e = 0,0093DE_p^{1/3}; \quad (1)$$

čia SN_e – esamos dangos struktūrinis skaičius; D – bendras dangos konstrukcijos storis, cm; E_p – bendras dangos konstrukcijos tamprumo modulis, MPa.

Esamos dangos stipris dangos būklės metodu nustato pagal formulę:

$$SN_e = 0,394(a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots + a_i D_i m_i); \quad (2)$$

čia $a_1, a_2, a_3, \dots, a_i$ – dangos konstrukcijos sluoksnių struktūriniai koeficientai, apskaičiuojami pagal atskirų sluoksnių standumą; D_1 – asfaltbetonio sluoksnio storis, cm; D_2, D_3, \dots, D_i – dangos konstrukcijos kitų sluoksnių storiai, cm; m_2, m_3, \dots, m_i – dangos konstrukcijos sluoksnių drenažo koeficientai.

Esamos dangos stiprumas dangos liekamojo amžiaus metodu nustatomas dviem etapais. Pradžioje apskaičiuojamas esamos dangos liekamasis amžius:

$$RL = 100(1 - N_p / N_{1,5}); \quad (3)$$

čia RL – esamos dangos liekamasis amžius, %; N_p – suminis esamas eismo intensyvumas, išreikštas 80 kN svorio ekvivalentinių standartinių ašių kiekiu (ESA); $N_{1,5}$ – projektuojamas suminis eismo intensyvumas, išreikštas 80 kN svorio ekvivalentinių standartinių ašių kiekiu (ESA).

Toliau apskaičiuojamas esamos dangos stipris:

$$SN_e = CF \cdot SN_0; \quad (4)$$

čia CF – dangos būklės koeficientas, nustatomas pagal dangos liekamojo amžiaus (RL) ir dangos būklės priklausomybę; SN_0 – naujos dangos struktūrinis skaičius, apskaičiuojamas pagal priklausomybę (2), koeficientus a ir m imant kaip naujai dangos konstrukcijai.

Esamos dangos stiprumo nustatymas keliais metodais leidžia palyginti skaičiavimo rezultatus, išvengti klaidų ir kartu padidinti skaičiavimų patikimumą.

ELMOD ir AASHTO metodikose pagrindinis įvadinis dydis yra tamprusis dangos įlinkis. Kai įlinkiai matuojami skirtingu metu ar paros laiku, Lietuvos sąlygomis jiems būtina nustatyti sezoninius struktūrinius ir temperatūrinius pataisos koeficientus.

3. Dangu stiprinimo poreikio įvertinimas

Perspektyvinės dangos stiprumo skaičiavimas susideda iš dviejų pagrindinių operacijų:

- perspektyvinio eismo prognozavimo,
- projektuojamo dangos stiprumo nustatymo.

Perspektyvinio eismo intensyvumas prognozuojamas numatytam stiprinamos dangos naudojimo laikui. Įvertinami visų eisme dalyvaujančių transporto priemonių tipų kiekybiniai ir kokybiniai pokyčiai per šį laikotarpį, ap-

skaičiuojamas suminis ekvivalentinių standartinių ašių skaičius.

Kitas žingsnis – projektuojamo dangos stiprumo nustatymas, taikant minėtas ELMOD ir AASHTO metodikas.

ELMOD programa, be trijų dangos konstrukcijos sluoksnių ir žemės sankasos grunto tamprumo modulių, pateikia perspektyvinės dangos konstrukcijos papildomo sluoksnio storį.

Pagal AASHTO metodiką, žinant perspektyvinį eismo intensyvumą, projektuojamą perspektyvinės dangos patikimumo rodiklį, žemės sankasos grunto tamprumo modulį bei kitus parametrus, apskaičiuojamas perspektyvinės dangos struktūrinis skaičius.

Papildomo asfaltbetonio dangos sluoksnio storis nustatomas pagal formulę:

$$D_{ol} = 2,54 SN_{ol} / a_{ol} = 2,54(SN_f - SN_e) / a_{ol}; \quad (5)$$

čia D_{ol} – papildomo sluoksnio storis, cm; SN_{ol} – papildomo sluoksnio struktūrinis skaičius; a_{ol} – papildomo sluoksnio struktūrinis koeficientas; SN_f – perspektyvinės dangos struktūrinis skaičius; SN_e – esamos dangos struktūrinis skaičius.

Nuo apskaičiuoto papildomo sluoksnio storio, esamos dangos būklės, finansavimo galimybių ir kitų aspektų priklauso stiprinimo metodo pasirinkimas: galima pakloti įprastą papildomo asfaltbetonio sluoksnį, geosintetiniu audiniu ar tinklu sutvirtintą sluoksnį, regeneruoti seną dangą arba taikyti kitus tinkamus metodus.

Kitas esamos dangos stiprinimo poreikio nustatymo metodas, iki šiol dažniausiai taikomas Lietuvoje, yra standartizuotų dangos konstrukcijos sluoksnių panaudojimas. Pagal esamos dangos būklę, dangos konstrukcijos struktūrinius požymius, atskirų sluoksnių stiprumo rodiklius, perspektyvinio eismo intensyvumą bei kitus rodiklius parenkamas stiprinamos dangos papildomo sluoksnio storis. Šis metodas yra pateiktas Automobilių kelių projektavimo normose ir taisyklėse PNT-K95 [8].

Trečias esamos dangos stiprinimo poreikio nustatymo metodas remiasi ilgalaike inžinerine patirtimi. Šį metodą sėkmingai galima taikyti, turint tikslus duomenis apie kelio projektuojamus sprendimus, statybos darbų kokybę, svarbiausias atliktas dangos remonto ir atnaujinimo operacijas, esamo bei perspektyvinio eismo rodiklius. Spręsti apie dangos stiprinimo poreikį gali didelę patirtį turintys specialistai.

Lyginant minėtų trijų dangos stiprinimo poreikio nustatymo metodų privalumus ir trūkumus, reikia pažymėti, kad patikimiausi rezultatai gaunami, taikant pirmąjį metodą. Pagal šį metodą galima pakankamai tiksliai įvertinti esamos dangos stiprumą.

Didelę reikšmę dangų stiprinimo poreikiui nustatyti turi ilgalaikio dangų irimo prognozavimas.

4. Dangų stiprinimo įtaka kelio lygumui

Svarbiausias dangos būklę ir jos kokybę apibūdinantis parametras yra dangos lygumas. Nuo dangos lygumo priklauso transporto priemonių greičiai, eksploatacinės ir kitos išlaidos.

Dangos lygumo pokyčiams didžiausią įtaką turi atsiradę įvairūs kelio dangos defektai ir jų didėjimas. Todėl dangos lygumo pokyčiams prognozuoti taikomas sudėtingas modelis, pagal kurį įvertinamas dangos defektų atsiradimas ir didėjimas, dangos amžius, eismo intensyvumas, esamos dangos stiprumas ir aplinkos poveikio įtaka.

Kelių projektavimo ir priežiūros sistemos HDM (Highway development and management) dangų irimo modelyje [6] dangos lygumas po remonto IRI' apskaičiuojamas taip:

$$IRI' = a_0 + a_1(IRI - a_0)max(a_2 - HNEW); \quad (6)$$

čia IRI – išmatuotas dangų lygumas prieš remontą, m/km; $HNEW$ – naujo sluoksnio storis, mm.

Koeficiento a_1 reikšmė priklauso nuo senos dangos defektų pobūdžio; koeficientas a_0 turėtų būti lygus vidutiniam naujos (arba rekonstruotos) dangos lygumui; koeficientas a_2 parodo, koks naujo sluoksnio storis duotų tokį patį efektą kelio lygumui kaip ir kelio rekonstrukcija.

HDM-4 modelyje taikomos koeficientų reikšmės ir „Tebodin Consultants and Engineers-O’Sullivan & Graham“ konsultantų pasiūlytos koeficientų reikšmės Lietuvos sąlygoms [9] pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Naujo dangos sluoksnio įtakos kelio lygumui koeficientų reikšmės

Table 1. Coefficients for overlay roughness effect model

Koeficientas	HDM-4	Konsultantai
a_0	2,0	2,5
a_1	0,01	0,012
a_2	80	80

Kadangi koeficientų reikšmei didelę įtaką turi vietinės sąlygos, būtina koeficientus patikslinti.

4.1. Modelio pritaikymas Lietuvos sąlygomis

IRI ir IRI' priklausomybė, kai $IRI > a_0$ (dangos lygumas prieš remontą blogesnis nei vidutinis naujos dangos lygumas), yra tiesinė (kitu atveju – laužtė). Jeigu $HNEW < a_2$, priklausomybę (6) galima supaprastinti:

$$IRI' = a_0 + a_1(IRI - a_0)(a_2 - HNEW). \quad (7)$$

Imame, kad $a_2 - HNEW = a_3$, tada

$$IRI' = a_0 - a_0a_1a_3 + a_1a_3IRI. \quad (8)$$

Matematinė tiesės lygtis yra:

$$y = A + Bx, \text{ arba } IRI' = A + BIRI,$$

čia $A = a_0 - a_0a_1a_3 = a_0(1 - a_1a_3)$; $B = a_1a_3$.

Imame, kad $a_2 = const = 80$,

tada $a_3 = const$ ir $a_0 = A / (1 - a_1a_3)$, (9)

kur $a_1 = B / a_3 = (a_2 - HNEW)$.

Teoriškai koeficientai turėtų būti pastovūs nepriklausomai nuo asfaltbetonio sluoksnio storio, bet gali skirtis priklausomai nuo remontų tipų. Praktiškai jie skiriasi ir esant skirtingiems įrengto asfaltbetonio sluoksnio storiams, todėl galutinė koeficiento a_1 reikšmė yra vidurkis esant skirtingoms sluoksnio storių apskaičiuotoms reikšmėms, t. y.:

$$a_1 = \left(\sum_{i=1}^n a_{1HNEW} \right) / n. \quad (10)$$

4.2. Eksperimentiniai tyrimai

Siekiant nustatyti dangos lygumo po ir prieš remontą priklausomybę, buvo atlikti tyrimai magistraliniuose ir krašto keliuose. Atrinkti 64 kelio ruožai, kuriuose 1996–1998 metais buvo paklotas papildomas asfaltbetonio sluoksnis ir išmatuotas (tais pačiais metais) dangos lygumas prieš ir po remonto. Kiekvieno ruožo ilgis – 500 m. Visi asfaltbetonio klotuvai turėjo automatinę sluoksnio klojimo kontrolę, todėl ruožai sugrupuoti tik pagal dangos storį:

- asfaltbetonio sluoksnio storis 50 mm (34 ruožai);
- asfaltbetonio sluoksnio storis 40 mm (30 ruožų).

Dangų lygumas nustatytas lazeriniu profilometru „Dynatest 5051 RSP“. Kiekvienoje eismo juostoje matuojant dviem lazeriais ir apskaičiuojant reikšmių aritmetinį vidurkį, IRI ir IRI' reikšmės atidedamos koordinatinėms

čių plokštumoje. Per gautus taškus naudojantis Microsoft Excel programa, taikant mažiausiųjų kvadratų metodą (funkcija *linear*) brėžiama tiesė, kuri ir rodo *IRI* ir *IRI'* priklausomybę. Naudojantis ta pačia programa randami tiesės koeficientai *A* ir *B*, iš kurių apskaičiuojami koeficientai a_0 ir a_1 .

Koeficientai buvo nustatomi dviem atvejais:

1) kai $a_2 = 80$ mm, tai:

esant 50 mm storio asfaltbetonio sluoksniui (1 pav.):

$$a_0 = 2,07, a_1 = 0,0020;$$

esant 40 mm storio asfaltbetonio sluoksniui (2 pav.):

$$a_0 = 2,03, a_1 = 0,0028;$$

2) kai $a_2 = 70$ mm, tai:

esant 50 mm storio asfaltbetonio sluoksniui (3 pav.):

$$a_0 = 2,07, a_1 = 0,0031;$$

esant 40 mm storio asfaltbetonio sluoksniui (4 pav.):

$$a_0 = 2,02; a_1 = 0,0040.$$

Pirmu ir antru atveju gautų priklausomybių koreliacijos ir standartiniai nuokrypiai parodyti 2 lentelėje:

2 lentelė. Koeficientų skaičiavimo rezultatai

Table 2. Values of coefficient calculation

Sluoksnio storis, mm	Koeficientai			Koreliacijos koeficientas	Standartinis nuokrypis
	a_0	a_1	a_2		
50	2,0	0,0020	80	0,60	0,13
40	2,0	0,0029	80	0,40	0,21
Vidurkis:	2,0	0,0024	80	0,50	0,17
50	2,0	0,0031	70	0,40	0,13
40	2,0	0,0040	70	0,60	0,21
Vidurkis:	2,0	0,0035	70	0,50	0,17

Gautų tiesių mažą posvyrio kampą ir mažą koeficiento a_1 reikšmę nulemia asfaltbetonio dangoms griežtos darbų priėmimo taisyklės [10], kuriose sakoma, kad naujai pakloto asfaltbetonio sluoksnio dangos nelygumai (*IRI*) neturi viršyti:

- magistraliniams keliams – 2,0 m/km,
- krašto keliams – 2,5 m/km,
- rajoniniams keliams – 3,5 m/km.

Kadangi, koeficiento a_2 reikšmei esant 70 mm ir 80 mm, skaičiavimų koreliacijos koeficientai ir standartiniai nuokrypiai nesiskiria, koeficiento a_0 reikšmės taip pat gautos vienodos, siūlome DAVASEMOS skaičiavimams taikyti koeficientus $a_2 = 80$, $a_0 = 2,0$, $a_1 = 0,024$.

4.3. Rezultatų pritaikymo Lietuvos sąlygomis ekonominis efektas

Siekiant tiksliau įvertinti investicijų kelių dangoms stiprinti ekonominį efektą, būtina apskaičiuoti autotransporto priemonių einamųjų išlaidų sankaupas (*APEIS*). Didėjant kelio nelygumams didėja ir automobilių transporto išlaidos (kuro ir tepalų, padangų, atsarginių dalių, priežiūros ir kt. kaina). Autotransporto priemonių eksploatacinės išlaidos išsamiai išnagrinėtos VĮ Transporto ir kelių tyrimo instituto darbe [11].

Sudarius naują papildomų dangos sluoksnių ir jų įtakos kelio lygumui matematinį modelį, buvo perskaičiuotas dangos lygumas po remonto *IRI'* uždėjus papildomą 40 ir 50 mm storio sluoksnį (*HNEW*) bei atlikus dangos regeneravimą (*HNEW*) 40 ir 50 mm. Skaičiavimai atlikti išmatuoto lygumo ribinėms reikšmėms intervalu nuo 3 iki 6 m/km uždėdant naują asfaltbetonio sluoksnį ir esant vidutinei *IRI* = 3,5 m/km reikšmei, kai atliekamas dangos regeneravimas. Apskaičiuotos autotransporto priemonių einamųjų išlaidų sankaupos (*APEIS*) imant teorines (*t*) bei siūlomas (*s*) a_0 , a_1 bei a_2 koeficientų reikšmes. Jos apskaičiuotos:

$$APEIS^t = APEI(\text{kai } IRI_p) - APEI(\text{kai } IRI^t); \quad (11)$$

$$APEIS^s = APEI(\text{kai } IRI_p) - APEI(\text{kai } IRI^s). \quad (12)$$

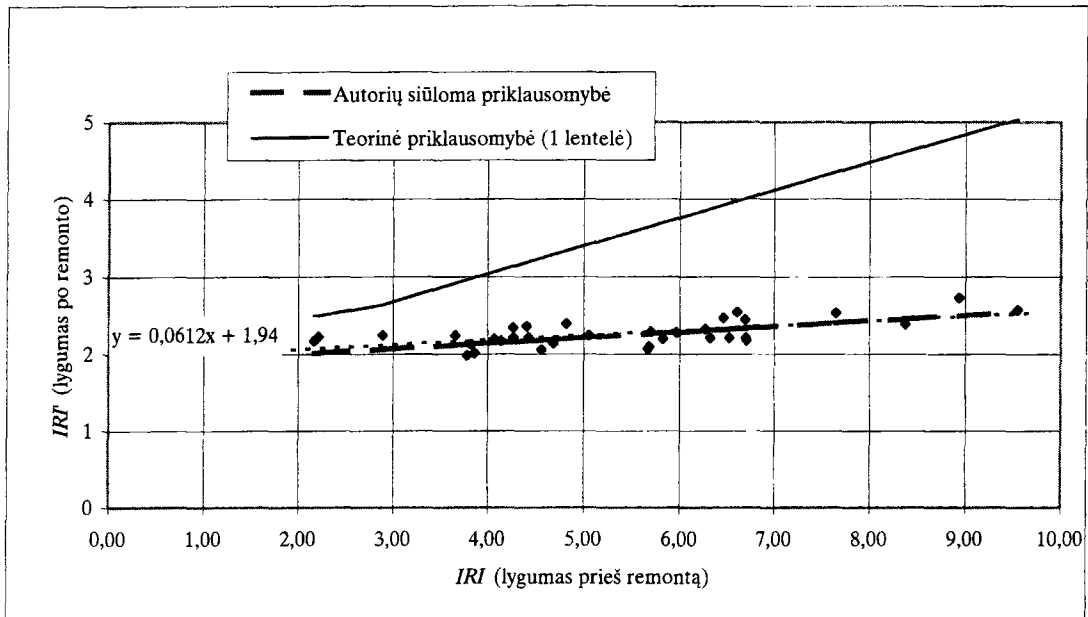
Skaičiavimo rezultatai pateikti 3 lentelėje:

3 lentelė. *APEIS* santykinė paklaida

Table 3. *APEIS* (VOC savings) relative error

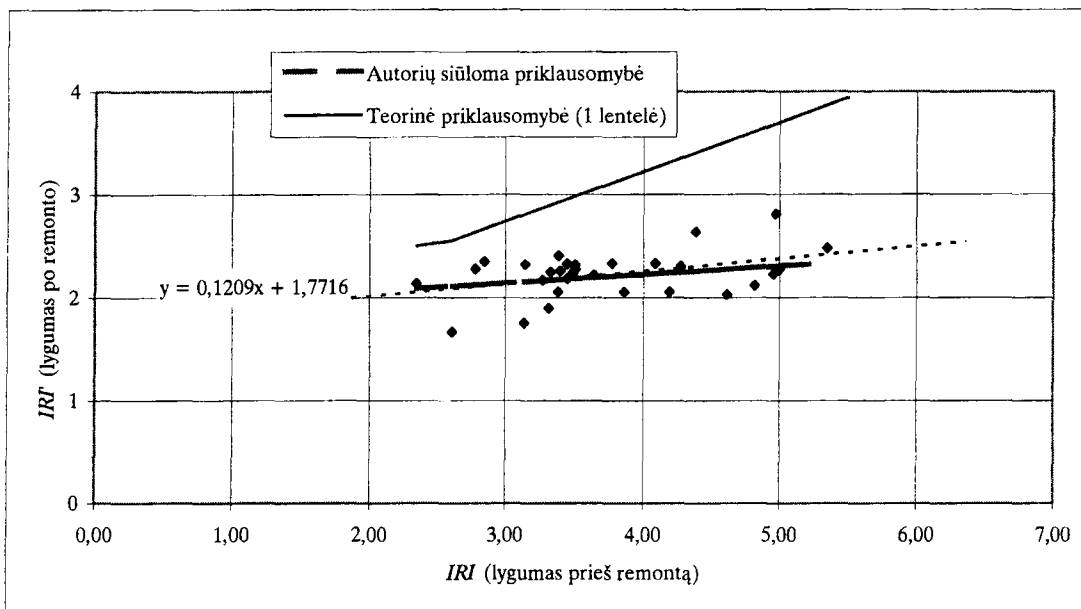
Darbo rūšis	Sluoksnio storis, mm <i>HNEW</i>	Kelio lygumas <i>IRI_p</i> prieš remontą	Po remonto				Santykinė paklaida
			<i>IRI'</i>	<i>IRI^s</i>	<i>APEIS^t</i>	<i>APEIS^s</i>	
			m/km		Lt/tūkst. autom 1 km		
Papildomas sluoksnis	40	3 m/km (min)	2,74	2,1	9,9	29,68	3,00
		6 m/km (max)	4,18	2,38	63,03	122,8	1,95
Papildomas sluoksnis	50	3 m/km (min)	2,68	2,07	9,9	29,68	3,00
		6 m/km (max)	3,76	2,29	76,49	126,09	1,65
Regeneravimas	50	3,5 m/km	3,1	1,96	13,26	49,54	3,74
Regeneravimas	70	3,5 m/km	2,7	1,45	46,47	61,88	1,33

Pastaba: skaičiuojant autotransporto priemonių einamųjų išlaidų sankaupas buvo imta magistralinių kelių srauto sudėtis.



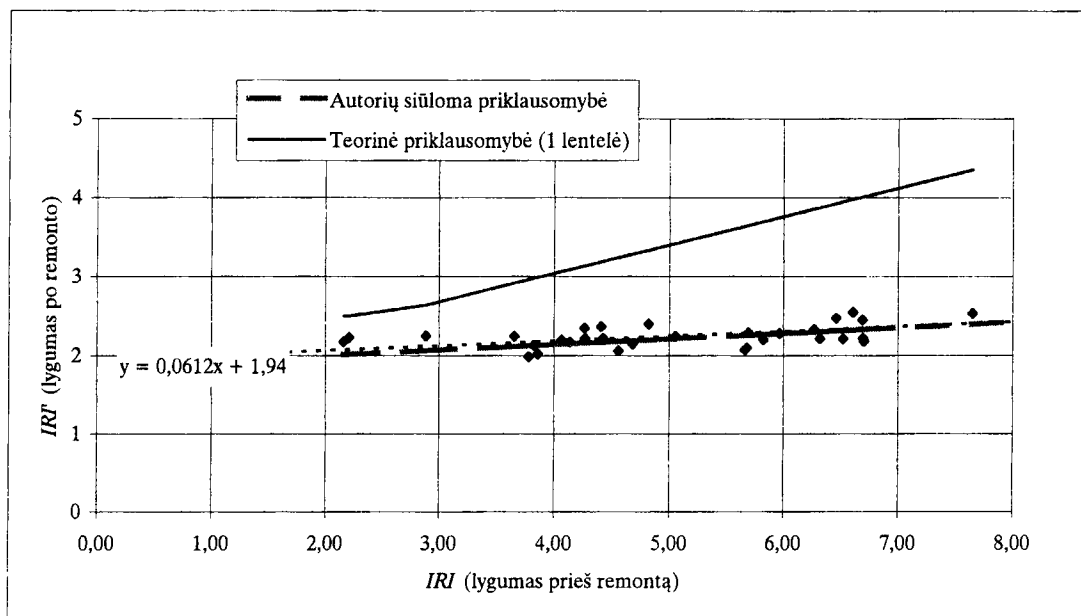
1 pav. IRI ir IRI' priklausomybė, kai naujas sluoksnis $HNEW = 50 \text{ mm}$ ($a_2 = 80 \text{ mm}$)

Fig 1. IRI and IRI' effects, when $HNEW = 50 \text{ mm}$ ($a_2 = 80 \text{ mm}$)



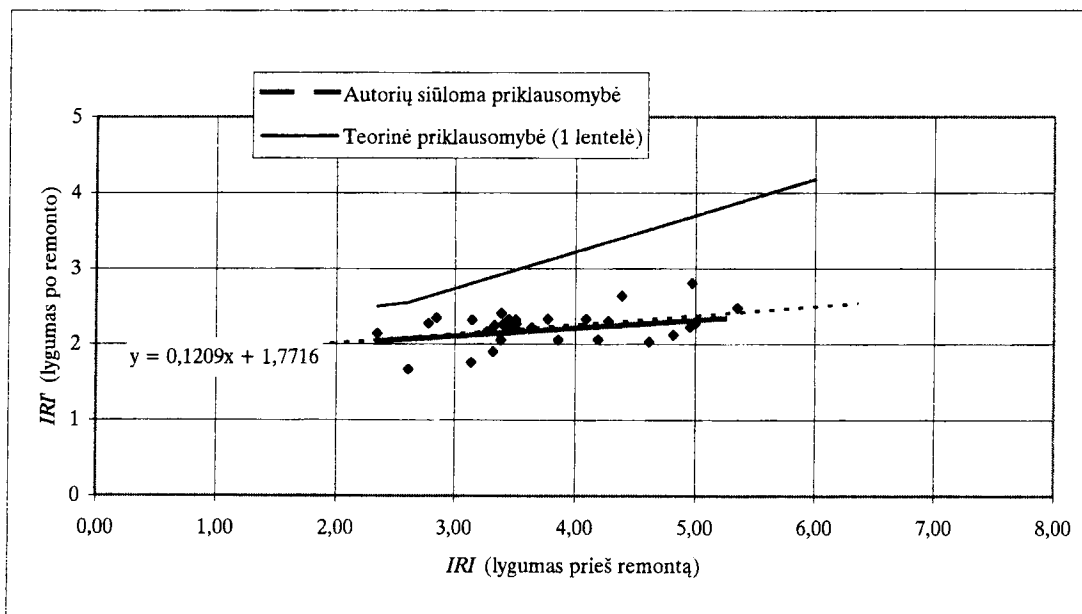
2 pav. IRI ir IRI' priklausomybė, kai naujas sluoksnis $HNEW = 40 \text{ mm}$ ($a_2 = 80 \text{ mm}$)

Fig 2. IRI and IRI' effects, when $HNEW = 40 \text{ mm}$ ($a_2 = 80 \text{ mm}$)



3 pav. IRI ir IRI' priklausomybė, kai naujas sluoksnis $HNEW = 50$ mm ($a_2 = 70$ mm)

Fig 3. IRI and IRI' effects, when $HNEW = 50$ mm ($a_2 = 70$ mm)



4 pav. IRI ir IRI' priklausomybė, kai naujas sluoksnis $HNEW = 40$ mm ($a_2 = 70$ mm)

Fig 4. IRI and IRI' effects, when $HNEW = 40$ mm ($a_2 = 70$ mm)

Skaičiuojant *APEI* buvo naudojama HDM modelio VOC-4 programa, kuri yra pritaikyta Lietuvos automobilių parkui. Visas automobilių parkas buvo suskirstytas į 9 grupes. Skaičiuojant *APEI* buvo imama 1998 m. magistralinių kelių srauto sudėtis. Iš gautų rezultatų matyti, kad *APEIS* santykinė paklaida, skaičiuojant pagal konsultantų siūlomą *IRI* ir *IRI'* priklausomybę, esant dangos regeneravimui 50 mm, siekia 3,74 karto, o, uždėjus papildomą asfaltbetonio sluoksnį, *APEIS* santykinė paklaida siekia 3 kartus.

Teoriškai apskaičiuotus magistralei Vilnius–Kaunas–Klaipėda *APEIS* skirtumą tarp *APEIS^t* ir *APEIS^s*, šis skaičius per pirmuosius metus po regeneravimo siektų 37 mln. Lt.

APEIS skirtumas =

$$= (APEIS^{t'} - APEIS^s) \cdot VMPEI \cdot L \cdot 365/1000 =$$

$$= (45,54 - 13,26) \cdot 8977 \cdot 311,4 \cdot 365/1000 = 37 \text{ mln. Lt.}$$

čia *VMPEI* – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas; *L* – magistralės A1 ilgis, km.

5. Išvados

1. Projektuojant dangų stiprumo konstrukciją, nepakanka nustatyti reikiama dangos konstrukcijos storį (taip kaip buvo ir yra daroma Lietuvoje iki šiol). Siekiant priimti ekonomiškai pagrįstą sprendimą, būtina apskaičiuoti dangų lygumo regresiją visam naudojimo laikotarpiui ar, atlikus dangų irimo prognozę, nustatyti optimalų remonto laiką. Būtina nustatyti dangų atnaujinimo efektyvumą Lietuvos sąlygomis, nes daugelyje šaltinių skiriasi priklausomybės, įvertinančios dangos lygumą prieš remontą ir po jo.

2. Išnagrinėta kelio lygumo priklausomybė nuo naujo dangos sluoksnio ir dangos regeneravimo. Pasiūlyta skaičiavimo metodika (žr. (9), (10), (11) ir (12)). Atlikti eksperimentiniai tyrimai, kuriais nustatytos koeficientų a_0 , a_1 ir a_2 reikšmės Lietuvos sąlygomis (2 lentelė).

3. Palyginus su HDM-4 [6], „Tebodin Consultants and Engineers – O’Sullivan & Graham“ [9] ir pasiūlyta skaičiavimo metodika, pagal pastarąją galima gerokai tiksliau įvertinti dangų stiprinimo įtaką autotransporto išlaidoms ir realiai apskaičiuoti, kiek kelio naudotojai sutaupys einamųjų išlaidų pagerinus dangos būklę. Vien

automagistralėje Vilnius–Kaunas–Klaipėda vertindami autotransporto priemonių einamųjų išlaidų sutaupą, pagal siūlomą metodiką, lygindami su anksčiau taikyta, gauname 37 mln. Lt ekonominį efektą.

Literatūra

1. Asphalt Institute. Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation. Manual Series MS-17. College Park, Maryland, 1983. 153 p.
2. AASHTO. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures / American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D. C., USA, 1993. 319 p.
3. COST 324: Long Term Performance of Road Pavements / European Commission, Directorate General Transport. Brussels-Luxembourg, 1997. 166 p.
4. COST 325: New Road Monitoring Equipment and Methods / European Commission, Directorate General Transport. Brussels-Luxembourg, 1997. 225 p.
5. W. D. O. Paterson. Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. / A World Bank Publication. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1987. 454 p.
6. NDLI. Modeling Road Deterioration and Maintenance Effects in HDM-4. Final Report Asian Development Bank Project RETA 5549. N. D. Lea International Ltd. Vancouver. 1995, p. 397.
7. ELMOND. Evaluation of Layer Modules and Overlay Design. User’s Manual. Dynatest. Denmark, 1994. 52 p.
8. PNT-K 95. Automobilių kelių projektavimo normos ir taisyklės / LR statybos ir urbanistikos ministerija, LR susisiekimo ministerija. Vilnius: AB „Kelprojektas“, 1996. 105 p.
9. Tebodin Consultants and Engineers-O’Sullivan and Graham. Enhancement of the DAVASEMA Pavement Management System. Pavement Performance Modeling / Ministry of Transport. PHARE unit. Vilnius, 1996. 46 p.
10. DAT. AD – 96. Automobilių kelių tiesimo ir darbų priėmimo taisyklės asfaltbetonio dangoms / LR susisiekimo ministerija. Vilnius: VĮ „Problematika“, 1997. 76 p.
11. TKTI. Dangų valdymo sistemos tobulinimas. Automobilių transporto techninių ir ekonominių parametrų kaupimas ir apdorojimas: Darbo ataskaita / TKTI. Kaunas, 1997. 79 p.

[teikta 1999 11 04

ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTHENING AND MODELLING OF ITS EFFECT ON ROAD EVENNESS

V. Puodžiukas, Z. Kamaitis

Summary

Lithuania has a sufficiently well-developed road network, the quality of which still falls very much behind the standards used in the EU. The process of pavement distress is gradually accelerated by the following factors: a considerable increase in the amount of heavy vehicles, acceptance of 11.5 t permissible axle load within the EU member-states (10.0 t in the former Soviet Union), overloading of heavy vehicles. Under the influence of the mentioned factors the need for pavement strengthening is very urgent.

When preparing this article, several methods for the evaluation and strengthening of asphalt concrete pavement condition were studied: "Deflection method" by Asphalt Institute of USA [1], AASHTO Guide [2], "The method for asphalt concrete pavement condition evaluation" by Vilnius Technical University, OECD recommendations on pavement strengthening [9], EU recommendations COST 324 [3] and COST 325 [4], HDM-III [5] and HDM-4 [6] recommended by the World Bank and a number of scientific articles.

On this basis, methodology for Lithuanian conditions was worked out taking into consideration the current technologies for road construction and maintenance.

This article describes the evaluation of pavement strength and the need for pavement strengthening, gives the analysis of the effect of pavement strengthening on road evenness.

It is suggested that the pavement strength should be evaluated by estimating the Structural Number SN of the existing pavement according to the results of pavement deflections measured by FWD (the authors used "Dynatest 8000 FWD"). The following relationship is suggested for determining thickness of the overlay (see Eq (5)).

$$D_{ol} = 2,54SN_{ol} / a_{ol} = 2,54(SN_f - SN_e) / a_{ol},$$

where D_{ol} is thickness of the overlay, cm; SN_{ol} is structural number of the overlay; a_{ol} is structural coefficient of the overlay; SN_f is structural number of prospective pavement; SN_e is structural number of the existing pavement.

The article studies the effect of overlay and pavement regeneration on road evenness. The effect of pavement strengthening on road evenness is to be estimated by the following relationship (see Eq (6))

$$IRI' = a_0 + a_1(IRI - a_0)max(a_2 - HNEW),$$

where IRI is the measured pavement evenness before the repairs, m/km; $HNEW$ is thickness of the overlay, mm.

Experimental investigations of 64 test road sections were carried out and the value of coefficients a_0 , a_1 and a_2 was determined under the Lithuanian conditions.

New coefficients provide the opportunity for a more accurate evaluation of the effect of pavement strengthening on road vehicles and for a more realistic estimation of savings road user's costs due to improved pavement condition. Only on the motorway Vilnius-Kaunas-Klaipėda, when estimating VOC savings according to the suggested method, the difference of 37 m Lt was obtained, if compared to the theoretical methods.

Zenonas KAMAITIS. Doctor Habil, Professor. Director of International Studies Centre. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

Doctor (1968). Expert member of Lithuanian Academy of Sciences. Author and co-author of more than 150 publications, including 6 books. Research interests: concrete structures and bridges, materials, durability, monitoring, and refurbishment.

Virgaudas PUODŽIUKAS. PhD student (civil engineering), Dept of Road Engineering. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. Director Transport and Road Research Institute, I. Kanto g. 25, LT-3000 Kaunas, Lithuania.

MSc (civil engineering), Vilnius Gediminas Technical University (VGTU, 1994). Author of 16 scientific publications. Research interests: road pavement evaluation and strengthening.