

СРАВНЕНИЕ НА АСФАЛТОВИ СМЕСИ В БЪЛГАРИЯ И ЧУЖБИНА

Весела Филипова¹, Борис Йоцов²

Университет по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ),

Резюме: Точното оразмеряване на пътните настилки е един от основните фактори за постигане на по-голяма икономическа ефективност, сигурност и дълготрайност на пътя. През последните години в световен мащаб се провежда значителна изследователска работа върху актуализиране на нормите за асфалтовите смеси. В доклада се прави сравнение между изискванията за асфалтовите смеси в България и тези, ползвани във Великобритания и Австрия. Сравнени са зърнометрии на асфалтови смеси, остатъчна порестост и процентно съдържание на свързващо вещество.

Ключови думи: асфалтови настилки, асфалтови смеси, остатъчната порестост, зърнометрия на асфалтова смес

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Целта при оразмеряване на асфалтови настилки е напреженията и деформациите да бъдат в определени граници за конкретен оразмерителен период и конструкцията да е икономически ефективна и сигурна. Използването на неосъвременена методика по отношение на асфалтовите смеси води до неефективно използване на входящите материали. Асфалтовите настилки включват износващ пласт, долен пласт на покритието (биндер) и асфалтова смес за основен пласт.

2. НАУЧНА РАЗРАБОТКА

2.1. Избор на материали за конструктивните пластове

Основният принцип, на който се базира избора на материали за конструктивните пластове е съпротивлението на умора, деформации и мразоустойчивост.

Определянето на необходимия еквивалентен модул на еластичност E_n на повърхността на износващия пласт е въз основа на ОИ (оразмерителното натоварване) и климата. В Българската и Английската методика се избират отделни асфалтови пластове и се пресмята дебелината им, а във Австрия всеки клас на натоварване има стандартни пътни конструкции във форма на каталог. От 2018г. в Австрия успоредно действат новите норми за оразмеряване на асфалтови настилки RVS03.08.68, които се използват, когато ОИ превишава максималната ОИ в каталога LK163 (163 мил. ОА/год.)

В австрийските норми за оразмеряване на асфалтови настилки [1] има изискване за минимален динамичен модул на еластичност на земната основа – $E_{vd} = 38 \text{ MN/m}^2$ и

¹Весела Тодорова Филипова, доц. д-р инж. кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: vesela_filipova@abv.bg

²Борис Димитров Йоцов, инж. кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: boris.yotsov.bg@gmail.com

минимален статичен деформационен модул на земната основа – $E_{v1} = 35 \text{ MN/m}^2$. В случай, че измереният деформационен модул е по-малък, трябва да се изпълнят определени мероприятия за повишаването му (стабилизация, смяна на почвата и др.).

В България модулът на земната основа при прилагането задължително на зона А от несвързан материал се възприема стойност не по-малка от 45 МПа – еквивалентен модул на еластичност на земното легло за автомагистрала и пътища I-ви и не по-малки от 30 МПа за останалите класове пътища. В Германия деформационният модул на земната основа се приема таблично - обикновено при изпълнение на отводнителни мероприятия и изпълнение на условията за мразоустойчивост – 45 МПа и 80 МПа за земна основа от баластра или скална земна маса. При неизпълнение на тези условия (отводняване и мразоустойчивост) деформационният модул на земната основа се приема 22.5 МПа, като за прахов глинест пясък е 15 МПа, а за пясъчливи глинени и глинени е 10 МПа [2]. По време на строителство стойностите му трябва да се проверят. По немските норми деформационният модул на безопасните на мраз почви F1 трябва да е 120 МПа. Деформационният модул на повърхността противозамръзващия пласт трябва да е 120 МПа. В случай, че земната основа е категория F1 и изпълнява условието $E_{v2} > 120 \text{ МПа}$, противозамръзващ пласт не е необходим [3].

Съгласно британската методика минималният допустим модул на земната основа е $\text{CBR}=2.5\%$. При по-ниски стойности, трябва да се изпълнят определени мероприятия за повишаването му.

$$(1) \quad E = 17.6(\text{CBR})^{0.64} = 17.6(2.5)^{0.64} = 32 \text{ МПа} [4].$$

2.2. Оразмерителни характеристики на асфалтовите пластове

Асфалтобетонът е материал с висок модул на еластичност, върху чиито свойства влияят много фактори, които основно могат да се разделят според [5] на две групи:

- характеристики на асфалтовата смес: процентно съдържание на битум, остатъчна порестост, плътност на битума и обемна плътност на сместа или директно въвеждане на обем на порите в минералния материал (VMA) и обем пори, запълнени с битум (VFB).

- външни характеристики: температура, честота и амплитуда на натоварване.

Въздействието на тези фактори е взето предвид във всеки от методите за оразмеряване на асфалтови пътни настилки. В доклада се разглеждат първата група от фактори.

2.3. Сравнение на физико-механични показатели на асфалтовите пластове спрямо българските, австрийските и английските норми.

2.3.1. Национални приложения на изискванията за асфалтовите смеси

Националното приложение, ползвано в България за определяне на изискванията за асфалтовите смеси, ползвани в асфалтовите настилки е националното приложение към „БДС EN 13108-1:2006“, във Великобритания е „BS EN 13108-1:2006 (Bituminous mixtures – Material specifications)“, във Австрия е RVS 08.97.05 Anforderungen an Asphaltmischgut (Изисквания за асфалтови смеси) за по-слабо натоварени пътища и RVS 08.97.06 Anforderungen an Asphaltmischgut - Gebrauchsverhaltensorientierter Ansatz (Изисквания за асфалтови смеси, насочени към реалното им експлоатационно поведение) за пътища с натоварване над 400000 ОА/година, и в Германия е „TL Asphalt-StB 07/13 - Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen“. Технически правила за доставка на асфалтови смеси.

2.3.2. Сравнение на асфалтовите смеси съгласно българските, австрийските и британските норми

Част от сравнението е публикувано от авторите на доклада на „XI-та Национална конференция по транспортна инфраструктура с международно участие“. Изследването е доразвито и допълнено със сравнение на асфалтовите смеси, ползвани във Великобритания.

По отношение на остатъчната порестост разликите между българския, британския и австрийския документ са значителни. За асфалтови смеси за основни пластове у нас изискванията са: за AC32оснA₀ – 5 до 10 %; за AC32оснB₀ – 5 до 12 %. В австрийските норми [6] има три типа смеси с три номинални размера на скалния материал (11, 22 и 32 mm) за основни пластове и съответно за тип T1 изискването е 3 до 6%, тип T2 – 2 до 5%, а за T3 – 0.5 до 4%, в британския документ за AC32dense100/150 е от 0.5 до 7%.

По отношение на асфалтовите смеси за долен пласт на покритието (биндер): в Австрия се ползват три зърнометрии: AC16binder, AC22binder, AC32binder, у нас смесите са AC11.2биндер, AC16биндер, AC22.4биндер. Изискванията към остатъчната порестост: за AC16binder е 2 до 6 %, за AC22binder и AC32binder – 3 до 6%; у нас изискванията за всички зърнометрии са 4 до 6 %. В британския документ изискването за биндер и за износващ пласт е същото както и при основен пласт - от 0.5 до 7%. За асфалтови смеси ЕМЕ2 (смеси с много твърд битум), е за 6% максимално количество пори в сместа.

За асфалтови смеси за износващ пласт у нас изискването е от 3 до 5%, в австрийските норми зависи от типа смес – има седем типа (от A1 до A7), и от номиналния размер на скалния материал (4, 8, 11, 16 и 22 mm). За смеси тип A1, които се отнасят за нормална концепция за износващия пласт с номинален размер на скалния материал 4 mm е от 0,5 до 3%, за такива с номинален размер на скалния материал 8 mm е от 1 до 4% и за тези с номинален размер на скалния материал 11, 16 и 22 mm – 1.5 до 5%.

По отношение на съдържанието на свързващо вещество: у нас изискването за асфалтови смеси за основни пластове е не по-малко от 3.5%, а в австрийските норми - не по-малко от 3%. В Британските норми изискването за минимално съдържание на свързващо вещество зависи от вида на каменните фракции. За каменни фракции от варовик или други натрошени скали за основни пластове е не по-малко от 3.8% (за базалт – 3.9%).

За асфалтови смеси за долен пласт на покритието (биндер) в България съдържанието на свързващо вещество е не по-малко от 3.8% за ACбиндер22.4 и ACбиндер20; 4% за ACбиндер16 и 4.5% за ACбиндер12.5 и ACбиндер11.2, във Великобритания е 4.2% (варовик/ базалт/ други скали), а във Австрия съдържанието на свързващо вещество е не по-малко от 3%.

За асфалтовите смеси за износващ пласт от асфалтобетон в България съдържанието на свързващо вещество е не по-малко от 6% за асфалтови смеси тип Б и не по-малко от 5% за асфалтови смеси тип А, а в австрийските норми остава изискването за не по-малко от 3%, но изискването за толкова ниска остатъчна порестост ще води до значително по-високо количества, например – 4.8% до 5.4% (съгласно някои сертификати за експлоатационни характеристики, 5.2% до 5.8% за смес с полимер модифициран битум РmВ 45/80 65 тип А2). В британския стандарт минималното количество битум за износващ пласт е различно за различните износващи пластове и зависи също от вида на каменните фракции. Съдържанието му варира между 4.6% за AC14open surf (дрениращ асфалт) и стига до 6.6% AC4fine surf (асфалт за износващ пласт с битум с пенетрация 160/220 или 250/330) .

В австрийския и в британския документ изискванията към показателите при изпитване по Маршал се отнасят само за летищни настилки, докато у нас остават за пътни настилки.

В австрийския документ има изискване за устойчивост за образуване на коловози за смесите за износващ пласт и биндер. В британския документ има изискване за устойчивост за образуване на коловози само за долен пласт на покритието (биндер) [4].

Съгласно [7] в България се използва битум за свързващо вещество с пенетрация 50/70, в случаите когато се използва пътен битум съгласно БДС EN 12591:2009; 25/55-55 (за долен пласт на покритието) и 45/80-65 или 45/80-60 (за износващ пласт), в случаите, когато се използва полимерно модифициран битум съгласно БДС EN 14023:2010 и БДС EN 14023:2010/NA.

Битумите, ползвани в австрийските асфалтови смеси отговарят на австрийския стандарт ÖNORM B3610 за пътни битуми 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 160/220; полимерно модифицирани битуми по австрийския стандарт ÖNORM B3613 са PmB 10/40-60, PmB 25/55-65, PmB 25/55-55, PmB 45/80-65, PmB 45/80-50, PmB 90/150-45 и PmB 120/220-40, използват се и окислени битуми 90/10 по стандарт ÖNORM B3611-1, твърди битуми 85/95H по стандарт ÖNORM B3611-2 и твърди пътни битуми 10/20 по стандарт ÖNORM B3612 [8].

Във Великобритания, битумът, който се използва е с пенетрация: 30/45, 40/60, 70/100, 100/150, 160/220, 250/300. Използват се и много твърди битуми с пенетрация 10/20 и 15/25 за асфалтови смеси EME2, също така полимер модифицирани битуми. В британската методика изискванията към показателите: обем на порите в минералния материал (VMA) и обем пори, запълнени с битум (VFB) се отнасят само за някои летищни асфалтови настилки.

В Annex B, BS EN 13108-1 asphalt concrete се съдържа примерна спецификация, която дава на Обединеното кралство избор за определяне на изискванията за материалите в асфалтовата смес в съответствие с [4].

Във Великобритания се прилагат плътни асфалтови смеси, смеси от типа на нашия биндер, сплит мастик асфалт (само за биндер), хот-ролд асфалт (смес за набити фракции тип B2) и високомодулни асфалтови пластове EME (френски смеси), с много твърд битум. В доклада са сравнени плътна асфалтова смес от британския стандарт с Асфалтова смес тип А и тип Б в България, както и Асфалтобетон по австрийския стандарт. Модулът на еластичност на асфалтовите пластове по британския стандарт е много по-висок от този, който е приет в България, но това е модул на еластичност, определен при динамични натоварвания по диаметъра на маршалово пробно тяло. Както виждаме от таблицата от $E = 2500$ МПа за асфалтов пласт от плътна асфалтова смес и стига до 8000 МПа при високо модулен пласт. В България модулите на еластичност се вземат таблично, но са модули при статично натоварване.

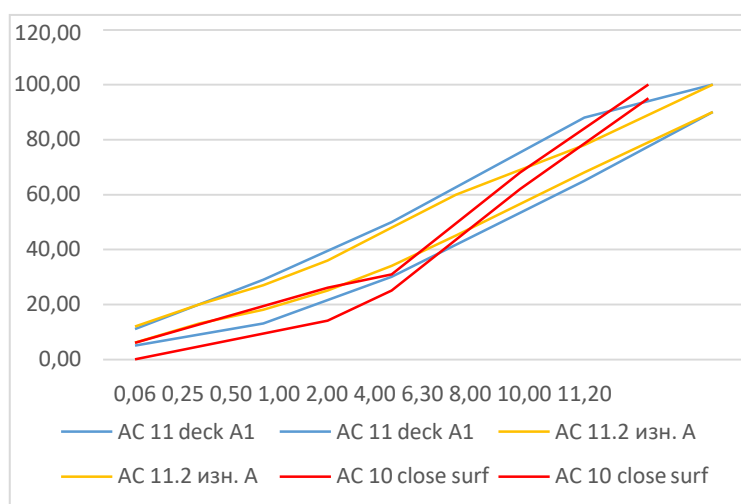
Таблица 1: Обозначение на асфалтовите пластове. (Великобритания) [9].

Материал	Означение от BS EN 13108-1:2006	Модул на еластичност (МПа)
Плътна асф. смес (DBM)	AC32dense100/150	2500
Хот-ролд асфалт (HRA)	HRA60/32bin40/60	3100
Плътна асф. смес с битум с пен. 50 (DBM50)	AC32dense40/60	4700
Асф. смес с висока плътност (HDM)	AC32HDMbase40/60	4700
Високо модулен пласт (EME)	AC10EME2base10/20	8000

В следващата таблица и графика са сравнени зърнометриите на асфалтови смеси за износващ пласт в България, Австрия и Великобритания.

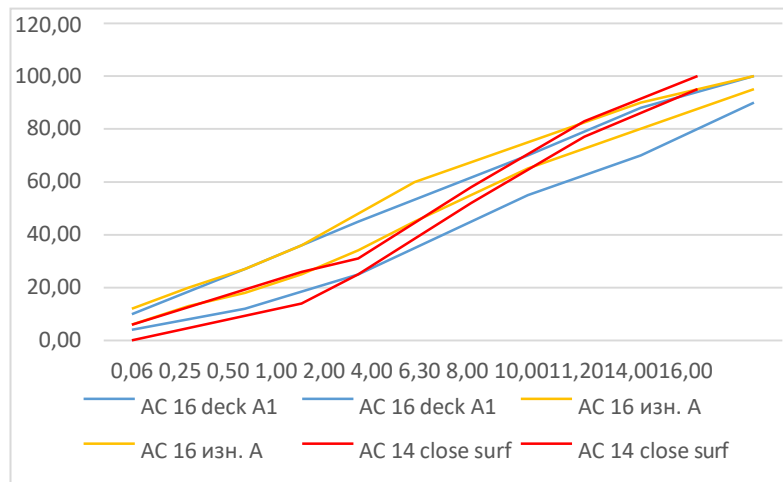
Таблица 3: Размери на отворите на ситата и преминало количество в проценти по маса за износващ пласт в България, Австрия и Великобритания.

Сита [mm]	Износващ пласт											
	AC 11 deck A1		AC 16 deck A1		AC 11.2 изн. A		AC 16 изн. A		AC 10 close surf		AC 14 close surf	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
16			90	100			95	100				
14												100
11.2	90	100	70	88	90	100	80	90				
10										100	77	83
8	65	88	55	77	68	78	65	75				
6.3									62	68	52	58
4					45	60	45	60				
2	30	50	25	45	34	48	34	48	25	31	25	31
1	посочва се		посочва се		25	36	25	36	14	26	14	26
0.5	13	29	12	27	18	27	18	27				
0.25	посочва се		посочва се		13	20	13	20				
0.063	5.0	10	4.0	10	6.0	12	6.0	12	6		6	



Фиг.1: Сравнение на зърнометриите на асфалтови смеси за износващ пласт AC11deckA1 и AC11.2изн.А и AC10close surf

От фиг. 1 се вижда, че зърнометрията на асфалтовите смеси за износващ пласт по българския и по австрийския стандарт почти съвпадат. Зърнометрията на британската асфалтова смес за износващ пласт е по-тясно сортирана и с различна зърнометрия.

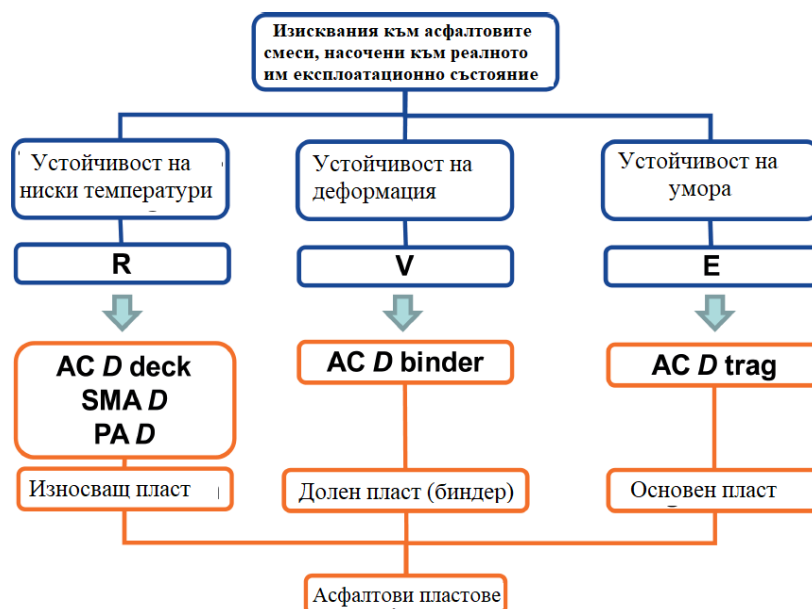


Фиг.2: Сравнение на зърнометриите на асфалтови смеси за износващ пласт AC16deckA1 и AC16изн.А и AC14close surf

От фиг. 2 се вижда, че зърнометрията на асфалтовите смеси за износващ пласт по българския и по австрийския стандарт са близки. Зърнометрията на британската асфалтова смес за износващ пласт е по-тясно сортирана и с различна зърнометрия.

2.4. Характеристики на асфалтовите смеси, насочени към реалното им експлоатационно поведение

GVO подходът към асфалтовите смеси представлява изпитвания, директно насочени към реалното им експлоатационно поведение, сравнени с конвенционалния подход, където изпитванията не отразяват реалното им експлоатационно поведение и където сме строго ограничени от съвкупността на съставните елементи и където се получават готови рецепти, докато при GVO подхода няма предварително зададени съставни елементи и готови рецепти, а имаме много по-голяма свобода при определяне на концепцията на асфалтовата смес.



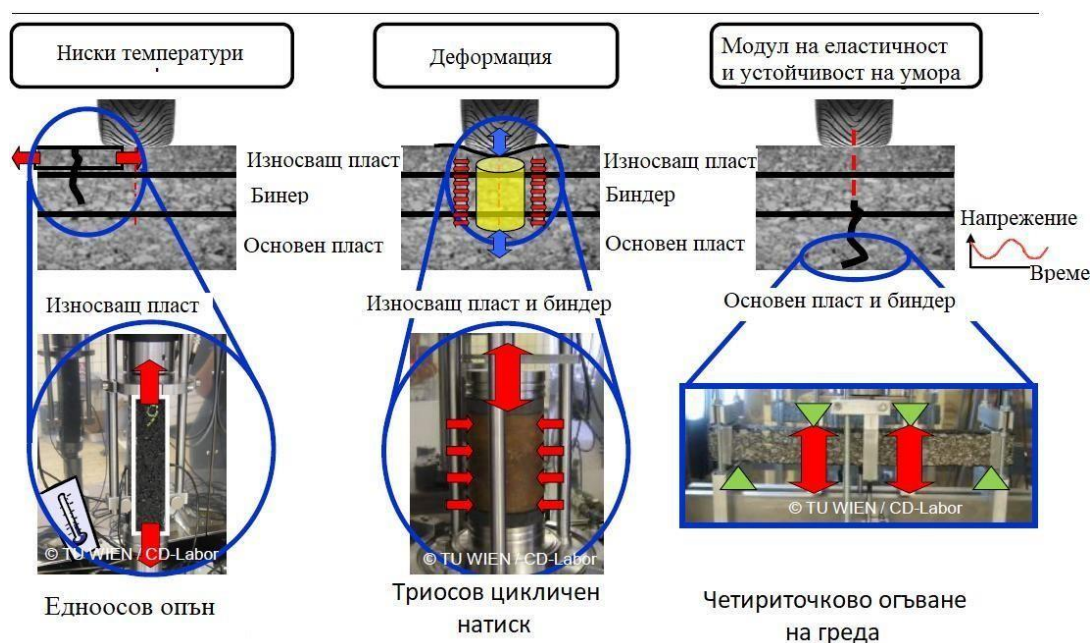
Фиг.3: Изисквания към асфалтовите смеси, насочени към реалното им експлоатационно състояние [8].

R (пукнатина устойчивост при ниски температури) – това означение обръща внимание на това, че асфалтова смес се отнася за износващ пласт и е проектирана основно да бъде усотйчива на образване на пукнатини при ниски температури. Има 5 типа смеси (R1, R2, R3, R4 и R5), като R1 е с най – добри характеристики.

V (устойчивост на деформация при високи температури) – това означение обръща внимание на това, че асфалтова смес се отнася за долен пласт на покритието (биндер), и е проектирана основно да бъде усотйчива на пластични деформации при високи температури. Има 4 типа смеси (V1, V2, V3, V4), като V1 е с най – добри характеристики.

E (устойчивост на умора) – това означение обръща внимание на това, че асфалтова смес се отнася за основен пласт и е проектирана основно да бъде усотйчива на умора (продължително натоварване). Има 4 типа смеси (E1, E2, E3, VE4), като E1 е с най – добри характеристики.

На фигурата са показани изпитванията на асфалтови пробни тела, насочени към реалното им експлоатационно състояние.



Фиг.4: Изпитване на асфалтови пробни тела, насочени към реалното им експлоатационно състояние [10].

Изпитването на едноосов опън – този стандарт определя метод за изпитване за определяне на чувствителността на асфалта към напукване при ниска температура - якост на опън в зависимост от температурата по БДС EN 12697-46:2012.

Триосов цикличен натиск - При това изпитване цилиндрично пробно тяло се подлага на ограничаващо напрежение и циклично напрежение на натиск. Това изпитване най-често се използва за оценка и разработване на нови типове смеси, за да се прогнозира поведението на образване на коловози по БДС EN 12697-25:2016.

Четириточково огъване на греда – показателите за коравина (кратковременно натоварване) и устойчивост на умора (продължително натоварване) по (EN 12697-24 и EN 12697-26).

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИИ

По отношение на остатъчната порестост в основните пластове, в българския стандарт, тя е почти двойно по-висока от австрийския и британския стандарт.

Остатъчната порестост за долен пласт на покритието (биндер) е много близка и по трите стандарта.

Остатъчната порестост за износващ пласт по британския стандарт е най-висока, австрийските смеси са най-плътни, с най-ниска остатъчна порестост.

В австрийския и в британския документ има изискване за устойчивост за образуване на коловози за смесите за износващ пласт и биндер.

У нас остават изискванията към показателите при изпитване по Маршал за пътни настилки, докато в австрийския и в британския документ се отнасят само за летищни настилки.

По отношение на съдържанието на свързващо вещество за основен пласт и по трите стандарта се получават близки стойности.

Сравнението на съдържание на свързващо вещество за долен пласт на покритието (биндер) показва близки стойности за българския и британския стандарт (за различните смеси между 3.8 и 4.5%), докато по австрийския стандарт за не по-малко от 3%.

Сравнението на съдържание на свързващо вещество за износващ пласт показва близки стойности за българския и британския стандарт (за различните смеси между 5 и 6%), докато по австрийския стандарт за не по-малко от 3%, но изискването за толкова ниска остатъчна порестост ще води до значително по-високи количества свързващо вещество, например – 4.8 до 5.4%.

ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Модулите на еластичност на асфалтовите смеси при статично натоварване не са определяни лабораторно и при натурни изпитвания никога у нас, те се избират от таблични данни, които не са променяни най-малко 30 години и не се отчитат промените в характеристиките на асфалтовите смеси и използването на полимерно модифициран битум. След като се актуализират данните, може да се получат много по-икономически ефективни конструкции.

Модулът на еластичност на асфалтовите пластове по британския стандарт е много по-висок от този, който е приет в България, но това е модул на еластичност определен при динамични натоварвания по диаметъра на маршалово пробно тяло. В България са правени експерименти по методика близка до тази използвана във Великобритания и са получени близки стойности за някои подобни смеси.

Необходимо е и у нас да се помисли за промяна на изискванията за асфалтови смеси. Да се премахне изискването за изпитване по Маршал, а да се добавят изисквания към експлоатационните характеристики: устойчивост на образуване на коловози и модули. Също така да се променят изискванията към асфалтовите смеси за основни пластове – да се премине към използване на плътни смеси, тъй като те са натоварени на умора и така ще се получи по-добра устойчивост.

Материалите, вложени в зона А на земната основа, съгласно ползваната в България класификация на почвите, са с носимоспособност със средни стойности по-високи от $CBR = 20 \%$, а специално за А-1 – CBR над 40% . Еквивалентният модул на еластичност над зона А се получава над 100 MPa ; По немските норми се ползва деформационният модул на повърхността на противозамръзващия пласт, който се приема 120 MPa .

Тенденцията в световен мащаб е възложителят да зададе основните техническите изисквания на асфалтовата смес – вид на асфалтовата смес, предназначение (основен пласт, долен пласт на покритието, износващ пласт), номинален максимален размер на фракцията от скални материали на сместа (а не самата асфалтова смес), а производителят на асфалтовата смес да има свобода да избере зърнометрията, свързващото вещество и добавките, за да отговаря на зададените изисквания и която е икономически най– ефективна, но в този случай, той има и по – висока отговорност.

В Германия и в Австрия се използват стандартни пътни конструкции във вид на каталог. Но по този начин се получават в повечето случаи икономически неефективни конструкции. Поради тази причина в Австрия се въвежда компютърното оразмеряване на асфалтови настилки, където за асфалтовите пластове могат да се въведат физико-механични показатели, а за несвързания основен пласт се въвежда съответния U – клас според RVS 08.15.01. По този начин се получават високо икономически ефективни решения на пътните конструкции.

БЛАГОДАРНОСТИ

На Центъра за научни изследвания и проектиране (ЦНИП) към УАСГ за осигуреното финансиране и подкрепата за извършената научноизследователска дейност по научно изследователски проект по договор №109/18 със заглавие: „Оптимизиране на методиката за оразмеряване на асфалтови настилки”. Специални благодарности на г-жа Валя Милева за успешната съвместна работа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Министерство на транспорта, иновациите и технологиите, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT); Австрийска научноизследователска агенция за пътища, железници и транспорт, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV): RVS 08.03.01, Виена, 2010.

[2] RDO Asphalt - Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht Köln, 2009.

[3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe “Infrastrukturmanagement”: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RstO), Köln, 2012.

[4] The British Standards Institution 2016: BS EN 13108-1:2006 (Bituminous mixtures – Material specifications), 2015.

[5] Централна лаборатория по пътища и мостове, Изпълнителна агенция Пътища: Ръководство за оразмеряване на асфалтови настилки, София, 2002.

[6] Министерство на транспорта, иновациите и технологиите, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT); Австрийска научноизследователска агенция за пътища, железници и транспорт, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV): RVS 08.97.05, Виена, 2019.

[7] Български институт за стандартизация: БДС 13108-1:2006, София, 2016.

[8] Министерство на транспорта, иновациите и технологиите, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT); Австрийска научноизследователска агенция за пътища, железници и транспорт, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (FSV): RVS 08.97.06, Виена, 2019.

[9] Мартин Роджърс: Пътно инженерство трето издание, Highway Engineering third edition, Ню Делфи, 2017.

[10] Проф. Роналд Блаб: Конструктивно пътно строителство, Konstruktiver Straßenbau. TU Виена , Виена, SS2012.