



Получена: 20.03.2019 г.

Приета: 29.07.2019 г.

ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА АСФАЛТОВИ НАСТИЛКИ В БЪЛГАРИЯ – МЕТОДИ И ПРОБЛЕМИ

В. Филипова¹, Б. Йоцов², Д. Осиченко³

Ключови думи: асфалтови настилки, преводни коефициенти за класа, модул на еластичност

РЕЗЮМЕ

Точното оразмеряване на пътните настилки е един от основните фактори за постигане на по-голяма икономическа ефективност, сигурност и дълготрайност на пътя. В България са приети четири метода за оразмеряване на асфалтови настилки, но основно оразмеряването се изпълнява по метода на еквивалентните модули на еластичност. В доклада се представя част от тези методи, сравняват се пътни конструкции при еднакво натоварване, прави се анализ на възможностите за развитие и се разглеждат някои проблеми при оразмеряване на асфалтови настилки.

1. Въведение

Целта при оразмеряване на асфалтови настилки е напреженията и деформациите да бъдат в зададени граници за определен оразмерителен период и конструкцията да е икономически ефективна и сигурна.

В доклада разглеждаме четирите основни метода, които се използват в България. Всички те са преработени и адаптирани към климатичните условия, материалите и стандартите в нашата страна и могат пряко да се прилагат в практиката. Нека разгледаме всеки един от тях.

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

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

³ Деница Осиченко, д-р инж., АИТ Виена 1210, Giefinggasse 2, Австрия, e-mail: deni.osichenko@gmail.com

2. Методи за оразмеряване на асфалтови настилки, приети в България

Методът на AASHTO е разработен на база на полево изследване, проведено в края на 50-те години в САЩ. Методът дава възможност за избор на степен на сигурност в зависимост от класа на пътя и етапност при изграждане. Методът се базира на концепцията „работоспособност – моментно състояние на годност“.

„Методът на Асфалтовия институт на САЩ е аналитичен. При разработването му са проведени наблюдения на повече от 300 участъка и е ползван опитът от приложението на метода на AASHTO” [1]. Има възможност за избор на степен на сигурност и етапност при изграждането на пластове.

Метод на Английската пътна лаборатория – този метод изисква проверка и следене на носимоспособността на настилката след средата на оразмерителния период. Подходящ е за по-слабо натоварени пътища.

„Методът на еквивалентните модули (проф. Иванов) е аналитичен. Оразмеряването се извършва на три етапа – определят се необходимите дебелини на пластове за обезпечаване на допустимото огъване, прави се проверка за опънните напрежения в стабилизирани пластове и проверка на срязващите напрежения в пластове от несвързани материали и земната основа” [1]. След това се прави проверка за мразоустойчивост. Натоварването от движението се изразява в брой оразмерителни автомобили за едно денонощие. За другите три метода натоварването от движението се изразява в еквивалентен брой оразмерителни оси за целия оразмерителен период.

При сравняването на пътни конструкции, оразмерени по четирите метода при еднакво натоварване, може да се открият разлики в дебелината на пластове на конструкцията. Методът на Московския пътен институт (проф. Иванов) е разгледан при реално изчислен модул на еластичност над зона А, изграждаща основата и при зададен. Получава се голяма разлика в дебелината на основния пласт от несвързан материал при двата варианта.

Таблица 1. Сравнение на пътни конструкции, оразмерени по четирите метода за необходим модул на еластичност 200 МПа

Пластове	Методи					Съвременен британски метод
	Еквивалентни модули		AI	Road note 29	AASHTO	
Износващ пласт, cm	4	4	4	3	4	23 всички пластове са от плътна смес
Биндер, cm	4	4	4	4	4	
Основен пласт от асфалтова смес, cm	8	8	10	10	5	
Основен пласт от несвързан скален материал, cm	48	8	15	15	10	37
50 cm зона А носимоспособност	30 МПа – зададен	125 МПа – изчислен при зона А от материали А-1 или А-2	110 МПа – при динамично натоварване	$CBR \leq 30\%$	110 МПа – при дин. нат.	основа с $CBR = 6\%$

Таблица 2. Сравнение на пътни конструкции, оразмерени по четирите метода за необходим модул на еластичност 243 МПа

Пластове	Методи					Съвременен британски метод
	Еквивалентни модули		AI	Road note 29	AASHTO	
Износващ пласт, cm	4	4	4	4	4	25 всички пластове са от плътна смес
Биндер, cm	6	6	6	4	6	
Основен пласт от асфалтова смес, cm	8	8	13	10	8	
Основен пласт от несвързан скален материал, cm	31	6	15	15	10	37
50 cm зона А носимоспособност	45 МПа – зададен	125 МПа – изчислен при зона А от материали А-1 или А-2	110 МПа – при динамично натоварване	CBR ≤ 30%	110 МПа – при дин. нат.	основа с CBR = 6%

Таблица 3. Сравнение на пътни конструкции, оразмерени по четирите метода за необходим модул на еластичност 280 МПа

Пластове	Методи					Съвременен британски метод
	Еквивалентни модули		AI	Road note 29	AASHTO	
Износващ пласт, cm	4	4	4	4	4	29 всички пластове са от плътна смес
Биндер, cm	6	6	6	5	6	
Основен пласт от асфалтова смес, cm	10	10	22 (21)	13	12	
Основен пласт от несвързан скален материал, cm	38	7	15 (30)	15	15	37
50 cm зона А носимоспособност	45 МПа – зададен	125 МПа – изчислен при зона А от материали А-1 или А-2	110 МПа – при динамично натоварване	CBR ≤ 30%	110 МПа – при дин. нат.	основа с CBR = 6%

Таблица 4. Сравнение на пътни конструкции, оразмерени по четирите метода за необходим модул на еластичност 306 МПа

Пластове	Методи					Съвременен британски метод
	Еквивалентни модули		AI	Road note 29	AASHTO	
Износващ пласт, cm	4	4	4	4	4	31 всички пластове са от плътна смес
Биндер, cm	6	6	6	5	6	
Основен пласт от асфалтова смес, cm	13	13	26	15	15	
Основен пласт от несвързан скален материал, cm	38	7	15	15	15	37
50 cm зона А носимоспособност	45 МПа – зададен	125 МПа – изчислен при зона А от материали А-1 или А-2	110 МПа – при динамично натоварване	CBR ≤ 30%	110 МПа – при дин. нат.	основа с CBR = 6%

3. Обхват на натоварването от движението за различните методи

Продължителността на оразмерителния период, освен в години, се изразява и в общ брой оразмерителни оси, които могат да преминат по настилката преди да настъпи умора на материалите в конструкцията [1, стр. 2]. Обхватът на натоварване от движението за различните методи е различен:

- метод на еквивалентните модули – няма ограничения;
- Метод на Асфалтовия институт – 5 мил. оси с тегло 115 kN, за по-тежко натоварени пътища и автомагистрала се ползва специализираният софтуер DAMA;
- AASHTO – 12,45 мил. оси с тегло 115 kN;
- британски метод – Road Note 29,5 мил. оси с тегло 100 kN = 27,45 мил. оси с тегло 115 kN, за по-тежко натоварени пътища и автомагистрала се ползва специализиран софтуер.

Всички методи, залежали в Ръководството за оразмеряване на асфалтови настилки, са претърпели значителни промени, с изключение на метода на Асфалтовия институт. През 2001 година Асфалтовият институт започва разработката на нов софтуер, обединяващ четирите компютърни DOS програми на Асфалтовия институт, използвани до този момент – DAMA (CP-1), HWLOAD (CP-2), AIRPORT (CP-3) и HWY (CP-4). През декември 2004 софтуерът – SW-1 е готов. Това е софтуер за оразмеряване на дебелината на асфалтови настилки по метода на Асфалтовия институт, която включва оразмеряване на настилки на магистрала, жилищни улици, паркоместа, рампи за лодки, товарни пристанища и летища.

Методиката на AASHTO е изцяло нова разработка. Създаден е софтуер от Transport Research Board по National Cooperative Highway Research Program – Mechanistic–Empirical Pavement Design. Вече натоварванията са много различни, също така има много нови материали – с това е свързана новата разработка, която включва освен проектиране на нови настилки и реахилитиране на настилки в експлоатация.

Британската методика е изцяло променена. Натоварването се привежда към оразмерителни оси с тегло 80 kN. Увеличен е оразмерителният период – 20 години за по-слабо натоварени пътища и 40 години за тежко натоварените. Особено внимание е обърнато на проектирането на основата на настилката (земна основа и основни пластове). Предлагат се два подхода – ограничено проектиране – зададени са изисквания, които трябва да се постигнат; и друга възможност – конструкцията се променя в зависимост от постигнатите показатели. Основата се дели на четири основни категории, определени от стойността на показателя CBR или еквивалентния модул на еластичност на повърхността. Несвързани пластове в основата се допускат до натоварване от движението 5 мил. оразмерителни оси с тегло 80 kN.

В руската методика, включена в ръководството като Метод, базиран на еквивалентните модули (на проф. Иванов), пътните настилки са разделени на четири групи: капитална, облекчена, временна и настилки от по-нисък тип, в зависимост от износващия пласт. За различните групи настилки са въведени коефициенти на сигурност. Има три оразмерителни товара: оразмерителни автомобили с натоварване на ос 100, 110 и 130 kN, с различен диаметър на отпечатъка за движещ се и неподвижен автомобил [2, стр. 62], въведени са нови стойности на коефициента на динамично натоварване, отчитат се периодите от годината с неблагоприятни климатични условия; превозните средства се

обособяват в 6 групи при преброяването; отчита се ролята на геотекстила с разделителни функции; внимателно и подробно са доразработени стойностите на коефициентите за снижаване на якостта на срязване на почви и несвързани материали при динамично натоварване и коефициентът за нееднородни условия на работа; оценява се естественото водно състояние; много подробно са представени стойности на кохезията и коефициента на вътрешно триене за видовете почви при различна влажност и натоварване от движението; дадени са препоръчителни модули на еластичност на почвите. Територията е разделена на 8 климатични зони, които се взимат под внимание при оразмеряването на настилката срещу замръзване и за определяне на броя дни в годината, за оразмерителния период. При определяне на оразмерителното натоварване оразмерителният период за всяка климатична област е различен. Не се приемат 365 дни за година, както е стандартно в другите методики. Въведен е нов вид асфалтова смес – високоплътна. При оразмеряване на еластично огъване за модула на еластичност са дадени различни стойности в зависимост от температурата, продължителността на натоварването и видът на битума. Допълнително е даден модул на еластичност за статично натоварване при оразмеряване на асфалтовите пластове на срязване. Методът е доста сложен и трудоемък.

4. Проблеми при оразмеряването на асфалтови настилки

Методите за оразмеряване на асфалтови настилки в България изискват допълнения и корекции, защото в настоящия момент възникват следните проблеми:

- с постоянно увеличаващото се натоварване от движението оразмерителният период, който обикновено се приема 15 години, трябва да е по-дълъг за пътищата от републиканската пътна мрежа;
- модулите на еластичност на материалите в пластове при статично натоварване не са определяни лабораторно и при натурни изпитвания никога у нас (може би някога са определяни за несвързани пластове, но за асфалтови – никога), те се избират от таблични данни, които не са променени най-малко 30 години и не се отчитат промените в характеристиките на асфалтовите смеси и използването на полимерно модифициран битум;
- модулът на земната основа се приема таблично – обикновено 30 МРа, а сега при прилагането задължително на зона А от несвързан материал се възприема стойност, не по-малка от 45 МРа – еквивалентен модул на еластичност на земното легло, неясно по какви причини (в полза на сигурността) за автомагистрала и пътища I-ви клас (при които зона А се изгражда от почви група А-1) и не по-малки от 30 МРа за останалите класове пътища (при които зона А може да се изгражда и от почви от групите А-2-4 и А-2-5). Материалите с тези характеристики, съгласно ползваната у нас класификация на почвите, са с носимоспособност със средни стойности, по-високи от $CBR = 20\%$, а специално за А-1 – CBR над 40% . Нормално, при почва с ниска носимоспособност – 30 МРа, еквивалентният модул на еластичност над зона А е над 100 МРа;
- липса на коефициенти на сигурност: различно натоварване – различна сигурност;
- задължителна зона А – няма предвидено специално проектиране на пътната основа за постигане на търсената носимоспособност и реално отчитане на

необходимостта от противозамръзващ пласт при чувствителни на мраз почви;

- използваните сега автоматични броячи също делят движението на групи; необходимо е ползване на преносими тегловни броячи за регламентиране на подходящи преводни коефициенти за класовете превозни средства. Подходящо е да се премине към повече класове превозни средства;
- стойностите на преводните коефициенти за класа са остарели, особено за привеждане към Оразмерителен автомобил с натоварване на задната ос 100 kN.

Върху последните две точки ще обърнем по-специално внимание.

Трафикът се привежда към еквивалентен брой оразмерителни автомобили за 24 часа (или оразмерителни оси за целия оразмерителен период). На база интензивността на движението се дели на 5 класа, за които се изчислява процентно участие в трафика. Тези 5 класа са остарели и трябва да се въведат нови класове меродавни автомобили (с оглед на нарастването и промяната на състава на движението и появата на нови превозни средства с нова конфигурация на осите и по-големите товари. В таблици 5 и 6 са представени преводни коефициенти за класа за привеждане към Оразмерителен автомобил с тегло на задната ос 100 kN съгласно „Ръководство за оразмеряване на асфалтови настилки“, София, 2002 г. и австрийските норми за оразмеряване на пътни конструкции – „RVS 03.08.63“.

Таблица 5. Преводни коефициенти на превозните средства за различните класове превозни средства [1, стр. 7]

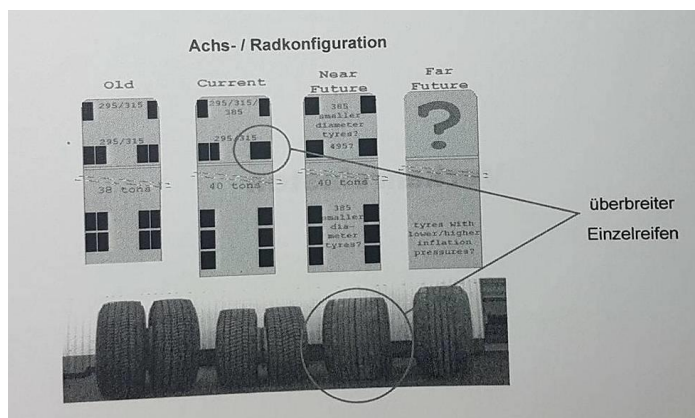
Вид превозни средства	Клас	Преводен коефициент за класа
Лекотоварни автомобили с максимално осово натоварване 25 kN	I	0
Товарни автомобили с полезен товар до 60 kN	II	0,03
Тежкотоварни автомобили с полезен товар над 60 kN	III	0,2
Тежкотоварни автомобили с ремарке	IV	1
Автобуси	V	0,8

Таблица 6. Преводни коефициенти на превозните средства за различните класове превозни средства в Австрия [3, стр. 2]

Вид превозни средства	Клас	Преводен коефициент за класа
Тежкотоварни автомобили без ремарке	I	0,7
Тежкотоварни автомобили с ремарке	II	1,2
Автобуси	III	0,6
Градски автобуси	IV	0,8
Съчленени автобуси	V	1,4

В австрийската методика за оразмеряване на асфалтови настилки натоварването от движението се привежда към еквивалентен брой оразмерителни автомобили за 24 часа с натоварване на задната ос 100 kN.

Конфигурацията на осите на съвременните автомобили има големи промени. Тенденцията е вместо вдвоени колела да има едно колело с по-голяма ширина. В близко бъдеще и предното колело на тежкотоварните автомобили също ще бъде с по-голяма ширина. Трябва да се изследва поведението на новите конфигурации на гумите и на осите и да се отчете влиянието им върху пътната конструкция. Същото важи и за стойностите на преводните коефициенти за класа, които също трябва да се актуализират.



Фиг. 1. Конфигурация на осите на транспортното натоварване [4, глава 7, стр. 4]

Полезно би било да се ползват контролно броячи, които отчитат теглото на осите и общата маса на всяко МПС. Данните от тях трябва да се обработят и чрез резултатите да се актуализират преводните коефициенти за класа на превозните средства и да се направи нова класификация. Те показват реалното натоварване на пътния поток върху пътната конструкция.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор Д-109/2018 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Централна лаборатория по пътища и мостове. Изпълнителна агенция Пътища. Ръководство за оразмеряване на асфалтови настилки. София, 2002.
2. Държавна пътна служба на Министерството на транспорта на Руската федерация. Государственная служба дорожного хозяйства министерства транспорта Российской федерации, Проектиране на асфалтови настилки, Проектирование нежестких дорожных одежд ОДН 218.046-01, Москва, 2011.

3. 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 03.08.63. Виена, 2016.

4. Проф. Роналд Блаб. Конструктивно пътно строителство. Konstruktiver Straßenbau. ТУ Виена, Виена, SS2012.

DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES IN BULGARIA – METHODS AND PROBLEMS

V. Filipova¹, B. Yotsov², D. Osichenko³

Keywords: *design of pavement structures, vehicle class/type coefficient, modulus of elasticity*

ABSTRACT

The correct designing of pavement structures is one of the main factors for achieving better economic efficiency, safety and durability of the road. Four methods for designing pavement structures have been adopted in Bulgaria, but mainly the designing is carried out using the equivalent elastic modulus method (Russian method). Some of these methods are presented in the paper, road constructions are compared at the same load, developmental analysis is being done, and some problems concerning the design of pavement structures are dealt with.

¹ Vesela Todorova Filipova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: vesela_filipova@abv.bg

² Boris Dimitrov Yotsov, Eng. Doctoral Student, Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail:boris.yotsov.bg@gmail.com

³ Denitsa Osichenko, Dr. Eng., AIT Vienna 1210, Giefinggasse 2, Austria, e-mail: deni.osichenko@gmail.com.