



*Приета: 18.03.2016 г.  
Преработена: 11.04.2016 г.  
Одобрена: 22.04.2016 г.*

## ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОННОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ПЪТНИТЕ НАСТИЛКИ ЧРЕЗ СТАБИЛИЗАЦИЯ НА ОСНОВНИ И ПОДОСНОВНИ ПЛАСТОВЕ

**В. Николов<sup>1</sup>, А. Михов<sup>2</sup>**

*Ключови думи: стабилизация на пътна основа*

### РЕЗЮМЕ

Не напълно изяснените механични характеристики на стабилизираните или рециклирани асфалтови пластове пораждаат необходимостта от тяхното подробно изследване и анализ. Редица изследвания в областта доказват ролята на цимента в подобряването на якостните характеристики на стабилизираните пластове. От друга страна, поради голямата коравина на тези пластове, както и вследствие на процесите на съсъхване, възникват пукнатини, които в последствие се разпространяват в горните пластове и водят до възникване на рефлекторни пукнатини в износващия пласт на настилката и влошаване на експлоатационното ѝ поведение.

В пътностроителната практика е известна технология за рециклиране на асфалтови настилки с битумни емулсии, при които се избягват негативните ефекти, възникващи при циментовите стабилизации. Чрез добавянето на цимент при стабилизирането на основните пластове с битумна емулсия става възможно едновременно запазването на еластичността на пласта и подобряването на якостните му качества. В този вид съединение, освен че се подобряват механичните характеристики на втвърдения пласт, циментът в сместа се явява и регулатор на свързването на битумната емулсия.

---

<sup>1</sup> Валентин Николов, доц. д-р инж., кат. „Пътища”, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: nikolov\_hrc@abv.bg

<sup>2</sup> Александър Михов, инж. докторант, кат. „Пътища”, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: aleksandar.mihov@gmail.com

В рамките на това проучване, проведено със съдействието на ЦНИП към УАСГ, е изследвано влиянието на различни количества цимент и битумна емулсия при стабилизирането на асфалтов гранулат, както и значението на зърнометрията на сместа за подобряването на механичните ѝ характеристики.

## **1. Въведение**

Основните пластове на пътните настилки, стабилизирани със свързващи вещества, притежават повишена носеща способност поради разпределянето на напреженията на по-широка повърхност и значително намалена склонност към деформации вследствие на по-ниската си еластичност. При тази технология за строителство на основни пластове е възможно използването на наличните минерални материали и екологично оползотворяване на рециклирани строителни материали чрез влагането им в смеси с определен зърнометричен състав. По този начин е възможно спестяване на транспортните разходи за доставка, както и опазване на висококачествени минерални материали.

При стабилизациите се постига повишаване на съпротивлението на материала на механични и физични натоварвания и увеличаване на продължителността на живот на конструкцията. Стабилизацията позволява производство и използване на хомогенни, трайни и устойчиви материали с механични характеристики, сравними с тези на трошен камък с подобрена зърнометрия, обработен със свързващи вещества. Стабилизираните пластове се характеризират с голяма твърдост и отлична устойчивост на умора. Те показват добри резултати в горещо време, без деформация или коловози, и добро представяне при излагане на замразяване–размразяване.

Този строителен метод, благодарение на своите технически и икономически предимства, както и неговото положително влияние върху околната среда има все по-голямо значение за България.

С вече натрупания опит в областта на стабилизацията на основни пластове и студеното рециклиране е желателно да се върви, както в посока на утвърждаването им в пътното строителство, така и към доразвиване с цел намаляване на производствените и експлоатационни разходи.

## **2. Изследване на физико-механичните характеристики на стабилизираните смеси**

В рамките на проведеното изследване беше проектирана студена смес, стабилизирана с битумна емулсия с добавка на цимент. При процеса на проектиране на сместа бяха оптимизирани количествата на използваните материали, оценени се приложимостта на влаганите материали и се определи процентното отношение при смесването им. От получената смес бяха приготвени пробни тела, на които бяха установени физико-механичните характеристики с цел оценка на влиянието им върху поведението на пътните настилки.

### **2.1. Приемания при проектирането на студените смеси**

Тъй като не съществува специализирано оборудване за проектирането на студени смеси, беше използвано познатото оборудване за горещи смеси с някои модификации. Тези изменения са необходими, тъй като студени смеси са материали, които се държат

като несвързани гранулирани материали в своя начален етап от набиране на якост (поради наличието на влага), докато те достигнат състоянието на свързани материали, както горещите смеси след втвърдяване (поради изпаряване на по-голяма част от съдържанието на влага в сместа).

## 2.2. Експериментален план

Целта на изпитванията е да се проектира студена смес от асфалтов гранулат, допълнителни скални материали за подобряване на зърнометрията, стабилизирана със свързващи вещества цимент и битумна емулсия, след което да бъде оценено тяхното влияние. Процедурата по проектирането на сместа следва следните етапи:

- Доставка на асфалтов гранулат от фрезован асфалт в лабораторията.
- Определяне на зърнометричния състав на асфалтовия гранулат.
- Определяне на зърнометричния състав на добавяните скални материали. Определяне на необходимите количества за смесване на асфалтов гранулат и добавъчни материали за постигане на оптимален зърнометричен състав.
- Определяне на вида и качеството на битумната емулсия, съвместимостта с инертните материали. Характеризиране на битумната емулсия.
- Първоначално определяне на ориентировъчното количество битумна емулсия и добавен цимент по емпиричната формула на Асфалтовия институт на САЩ.
- Определяне на оптималното количество флуиди, а оттам и необходимото количество добавъчна вода. Използвайки прогнозното първоначално количество свързващо вещество, заедно с промяната на водното съдържание се определя общото съдържание на флуиди. Първоначално се приема общото съдържание на флуид = оптималното водно съдържание.
- Избор на подходящ смесител и съотношение на смесване въз основа на зърнометрията на сместа.
- Избор на подходящ уплътняващ уред – съгласно изискванията уплътнението на пробните тела се извършва със стандартен Маршалов чук.
- Изготвяне на пробни тела и създаване на подходящи условия за отлежаването им (трябва да се симулират условията, очаквани на обекта).
- Втвърдените пробни тела (сухи и водонапити) се изпитват на якост на индиректен опън.
- Повтаряне на изпитвания до пълно оптимизиране на сместа.
- Проверка за спазване на съответните стандарти за изпълнение.
- Оценка на проектираната смес.
- Проучване на физико механичните свойства – умора, образуване на коловози, еластичен модул, абсорбция, стареене и температурна чувствителност.
- Проектиране на пътната конструкция.

## 2.3. Материали

### Инертни материали

Асфалтовият гранулат, който беше използван за това изследване, е доставен от реален обект от предвидени за рециклиране на пластове на настилката. На материала бяха проведени изследвания за определянето на зърнометричния му състав и водното му съдържание.

### Определяне на зърнометричния състав чрез пресевен анализ

На скалните материали беше определен зърнометричен състав чрез пресевен анализ по БДС EN 933-1. Целта беше проверка дали използваните минерални материали отговарят на изискванията за зърнометричен състав, както и тяхната пригодност за приготвянето на сместа.

Пресевният анализ се проведе, като изсушеният асфалтов гранулат беше пресят през поредица от сита с размери от 0,063 до 63 mm. По този начин бяха разделени различните по големина зърна в сместа, след което се определиха тегловните проценти на преминалите зърна спрямо общото количество.

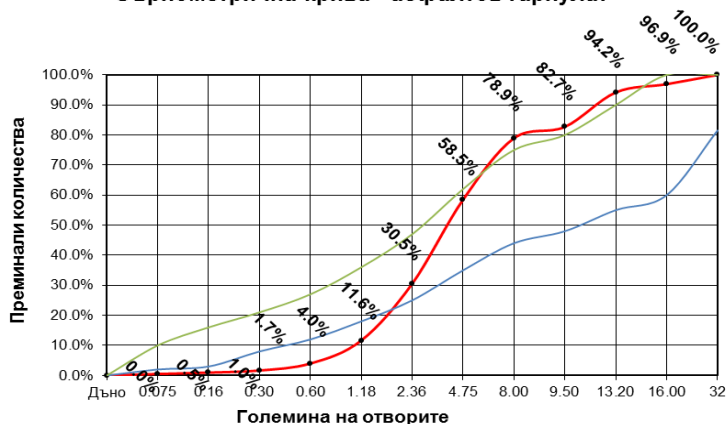
След проведения пресевен анализ на асфалтовия гранулат беше получен следният зърнометричен състав, показан в табл. 1.

**Таблица 1. Зърнометричен състав, получен при пресевен анализ на фрезован асфалт**

Сито [mm]	Фрезован асфалт			Допустими стойности	
	Задържани количества [g]	Задържани количества [%]	Преминали количества [%]	Долна граница [%]	Горна граница [%]
32,00	0	0,0%	100,0%	81,5%	100,0%
16,00	31,01	3,1%	96,9%	60,0%	100,0%
13,20	27,40	2,7%	94,2%	55,0%	90,0%
9,50	114,59	11,5%	82,7%	48,0%	80,0%
8,00	37,71	3,8%	78,9%	44,0%	75,0%
4,75	204,2	20,4%	58,5%	35,0%	62,0%
2,36	279,83	28,0%	30,5%	25,0%	47,0%
1,18	188,99	18,9%	11,6%	18,0%	36,0%
0,60	76,46	7,6%	4,0%	12,0%	27,0%
0,30	23,27	2,3%	1,7%	8,0%	21,0%
0,16	7,06	0,7%	1,0%	3,0%	16,0%
0,075	4,61	0,5%	0,5%	2,0%	10,0%
Дъно	4,93	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%
	1000,06	100,0%			

Полученият зърнометричен състав на фрезования асфалт, както и долната и горната граница за оптималния зърнометричен състав, са показани на фиг. 1.

### Зърнометрична крива - асфалтов гарнулат



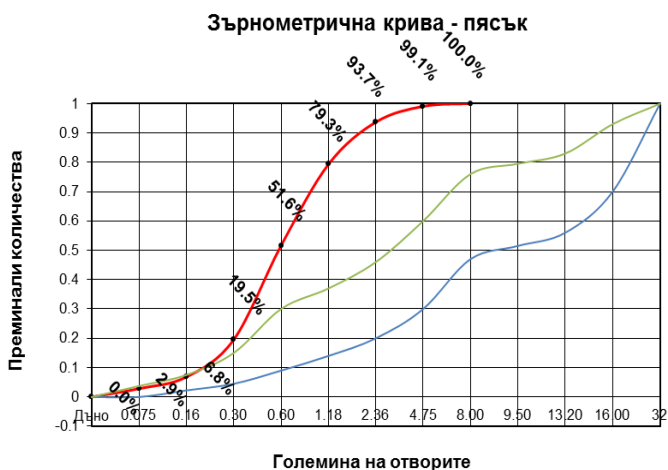
Фиг. 1. Зърнометрична крива на асфалтов гарнулат

За подобряване на зърнометрията на асфалтовия гранулат е необходимо добавяне на материал с по-фина зърнометрия. За целта първоначално беше избран натрошен пясък. Наличният на обекта пясък се оказа равнозърнест и с ниско съдържание на прахови частици, т.е. неподходящ като зърнометрична добавка. Поради това за целта беше доставен собствен прах от минералната смес на асфалтосмесител. За установяване на зърнометричния му състав беше проведен пресебен анализ, резултатите от който са показани в табл. 2.

Таблица 2. Зърнометричен състав, получен при пресебен анализ на фрезован асфалт

Сито [mm]	Собствен прах			Допустими стойности	
	Задържани количества [g]	Задържани количества [%]	Преминали количества [%]	Долна граница [%]	Горна граница [%]
32,00	0	0,0%		100,0%	100,0%
16,00	0	0,0%		70,0%	93,0%
13,20	0	0,0%		56,0%	83,0%
9,50	0	0,0%		51,5%	79,5%
8,00	0	0,0%	100,0%	47,0%	76,0%
4,75	4,68	0,9%	99,1%	30,0%	60,0%
2,36	26,80	5,4%	93,7%	20,0%	46,0%
1,18	71,98	14,4%	79,3%	14,0%	37,0%
0,60	138,65	27,7%	51,6%	9,0%	30,0%
0,30	160,29	32,1%	19,5%	4,5%	15,0%
0,16	63,57	12,7%	6,8%	2,3%	7,5%
0,075	19,75	4,0%	2,9%	0,0%	3,8%
Дъно	14,28	2,9%	0,0%	0,0%	0,0%
	500,00	100,0%			

Съответното графично изображение на зърнометричната крива е показана на фиг. 2.



**Фиг. 2.** Зърнометрична крива на собствен прах от минералната смес на асфалтосмесител

### Битумна емулсия

За провеждане на изпитването беше използвана нормална битумна емулсия тип С60 В4. На базата на вида на стабилизиращия материал беше избрана катионна емулсия с удължено време за разпад. Основните характеристики на избрания тип емулсия са показани в табл. 3.

**Таблица 3.** Характеристики на битумната емулсия

Характеристики	Метод на изпитване	Норма
Остагък след изпарение, %	БДС EN 13074	58 – 62
Заряд на частиците	БДС EN 1430	положителен
Разпадане	БДС EN 13075-1	70 ÷ 130
Време на изтичане през дюза 2 mm, при 40 °С, s	БДС EN 12846	15 ÷ 45
Остагък върху сито 0,500 mm, %	БДС EN 1429	≤ 0,5
Адхезия с варовиков материал, %	БДС EN 13614	≥ 90
Свойства на остагъка:		
– пенетрация при 25 °С, 0,1 mm	БДС EN 1426	≤ 100
– точка на омекване, °С	БДС EN 1427	≥ 50

### Цимент и вода

Циментът, който беше използван за това изследване, е портланд цимент клас 32.5R. Добавеното количество 1,0% и 2,0% (тегловни) е отнесено към сухата маса на сместа. За хидратация и постигане на оптималното съдържание на флуидите в сместа беше използвана чешмяна вода.

## 2.4. Приготвяне на сместа

### Приготвяне на сместа

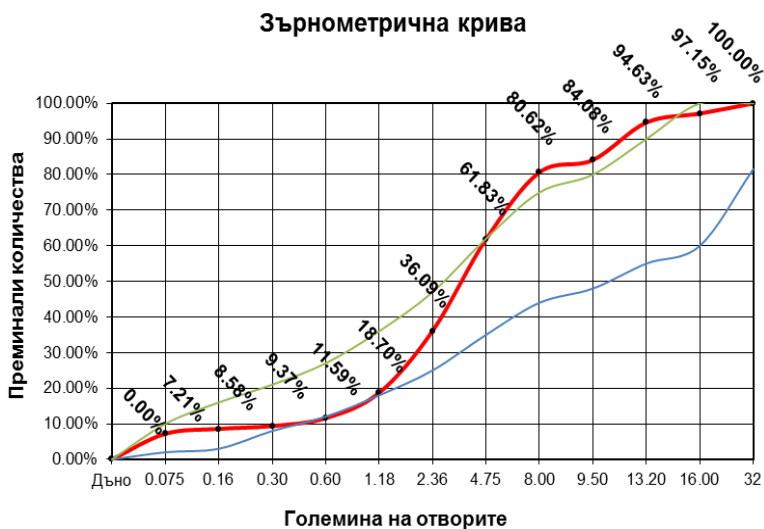
За достигане на оптималния зърнометричен състав на сместа бяха използвани нефракционирани асфалтов гранулат и собствен прах от минералната смес на асфалто-

смесител. След проведен анализ се установи, че за оптималното подобряване на зърнометрията на материала, предвиден за стабилизиране, е необходимо добавянето на 8% по маса от собствения прах. В табл. 4 е показана постигнатата подобрена зърнометрия на сместа от фреззован асфалт и съответното количество собствен прах.

**Таблица 4. Зърнометричен състав на смес от фреззован асфалт и пясък**

Сито [mm]	Фреззован асфалт				Собствен прах		Смес Прем. кол-ва [%]	Допустими стойности	
	Задържани количества [g]	Задържани количества [%]	Преминали количества		Преминали количества			Долна граница [%]	Горна граница [%]
			[%]	92%	[%]	8%			
32,00	0	0,0%	100,0%	92,0%	100,0%	8,0%	100,00%	81,5%	100,0%
16,00	31,01	3,1%	96,9%	89,1%	100,0%	8,0%	97,15%	60,0%	100,0%
13,20	27,40	2,7%	94,2%	86,6%	100,0%	8,0%	94,63%	55,0%	90,0%
9,50	114,59	11,5%	82,7%	76,1%	100,0%	8,0%	84,08%	48,0%	80,0%
8,00	37,71	3,8%	78,9%	72,6%	100,0%	8,0%	80,62%	44,0%	75,0%
4,75	204,2	20,4%	58,5%	53,8%	100,0%	8,0%	61,83%	35,0%	62,0%
2,36	279,83	28,0%	30,5%	28,1%	100,0%	8,0%	36,09%	25,0%	47,0%
1,18	188,99	18,9%	11,6%	10,7%	100,0%	8,0%	18,70%	18,0%	36,0%
0,60	76,46	7,6%	4,0%	3,7%	99,0%	7,9%	11,59%	12,0%	27,0%
0,30	23,27	2,3%	1,7%	1,5%	98,0%	7,8%	9,37%	8,0%	21,0%
0,16	7,06	0,7%	1,0%	0,9%	96,2%	7,7%	8,58%	3,0%	16,0%
0,075	4,61	0,5%	0,5%	0,5%	84,5%	6,8%	7,21%	2,0%	10,0%
Дъно	4,93	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,00%	0,0%	0,0%
Σ	1000,06	100,0%							

Зърнометричната крива, получена при смесването на фреззован асфалт и собствен прах, може да бъде видяна на фиг. 3.



**Фиг. 3. Зърнометрична крива на смес от фреззован асфалт и трoшен пясък**

## Определяне на максималната плътност на скелета и оптимално водно съдържание

Както е известно от земна механика, уплътнителните качества на минералната смес зависят преди всичко от водното ѝ съдържание. С повишаване на водното съдържание на материала се увеличава първоначално и неговата уплътняемост, защото триенето между зърната намалява. Същевременно, след запълване на свободния обем на порите, повишаването на водното съдържание води до намалено триене и лошо уплътнение. По тази причина е необходимо лабораторното определяне на оптималното водно съдържание, при което може да бъде постигнато максимално уплътнение на сместа.

Максималната обемна плътност на скелета се определя по модифициран проектор и полученото от изпитването оптимално водно съдържание. За установяване на зависимостта на обемната плътност на скелета на сместа и нейното водно съдържание се проведеха пет броя отделни частни изпитвания за уплътняване на сместа при постепенно повишаване на водното ѝ съдържание.

Съобразно граничните максимални размери на зърната на изпитваната смес изпитването се проведе в пробен цилиндър с размери 150/110 mm, посредством уред при модифицирано уплътняване с маса на падащата тежест от 4,5 kg от височина 450 mm. Уплътнението се извърши на 5 пласта с 59 удара на падащата тежест върху всеки пласт.

От проведените изпитвания се установи, че максималното уплътнение се постига при оптимално съдържание на флуиди в размер на 5,5% по маса. Получените резултати са показани графично на фиг. 4.



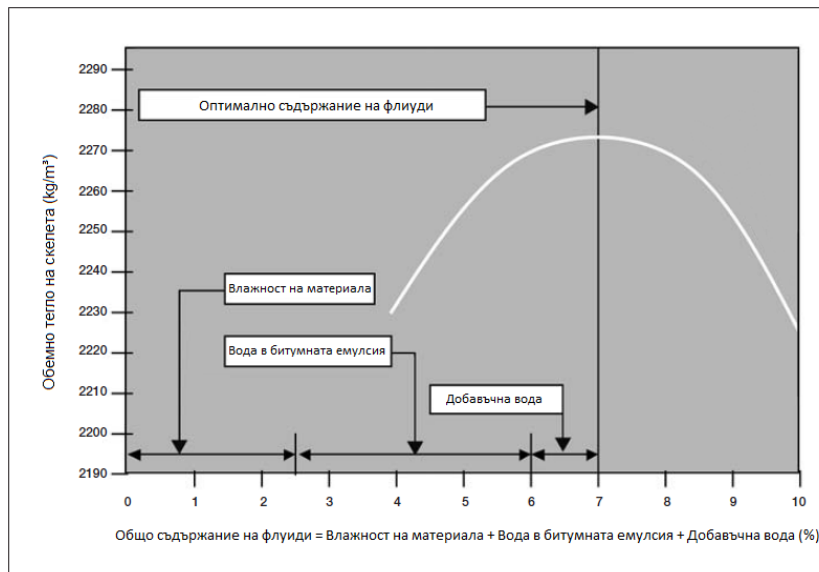
Фиг. 4. Графично представяне на максималната обемна плътност на скелета и оптималното водно съдържание на сместа

## Определяне на максималната плътност на скелета и оптималното водно съдържание

При стабилизацията с битумна емулсия е необходимо да бъде взето под внимание и влиянието на емулсията върху общото количество на флуиди в сместа. Това количество се състои от естествената влажност на минералния материал, добавяната битумна емулсия, както и необходимата добавъчна вода. Преди свързването си емулсията е течност, чийто вискозитет е малко по-висок от този на водата. Както битума, така и делът



на водата в емулсията водят до намаляване на триенето между зърната и по този начин спомагат за уплътнението на материала. Поради тази причина и двата компонента трябва да бъдат включени като течности при изчислението на общото количество флуиди в сместа. Тази особеност е илюстрирана на фиг. 5.



**Фиг. 5. Определяне на оптималното съдържание на флуиди в сместа**

За определянето на максималната обемна плътност на стабилизирания материал първоначално се приема, че оптималното водно съдържание е равно на оптималното съдържание на флуиди в сместа. Изхождайки от полученото ориентировъчно количество битумна емулсия и естествената влажност на стабилизирания материал може да бъде установено необходимото количество добавъчна вода за достигане на оптималното съдържание на флуиди в сместа.

При проведените изпитвания на сместа беше установено, че максимално уплътнение може да бъде достигнато при оптимално количество на флуидите от 5,5%. При отчитане на количеството на добавяната емулсия се установи, че при добавена 3,5% емулсия е необходима 2,0% добавъчна вода, при 4,5% емулсия 1,0% вода, а при максималното количество емулсия не е необходимо добавянето на вода. При тези количества е възможно едновременно постигане на добра обработваемост на сместа, както и осигуряване на необходимата влажност за протичането на хидратационните процеси в цимента за постигане на съответната механична якост.

## 2.5. Приготвяне на пробните тела

Бяха приготвени Маршалови пробни тела с приблизително количество от изпитвания материал от 2,5 kg. Към предварително приготвената смес от асфалтов гранулат и трошен пясък бяха дозирани необходимите количества битумна емулсия и цимент, отнесени към масата на сместа. Бяха извършени различни комбинации от съответните свързващи вещества:

- Битумна емулсия: 3,5%; 4,5%; 5,5%;
- Цимент: 1,0%; 2,0%.

При приготвянето на пробния материал сместа беше първо изсушена в пещ, до достигане на константна маса на приготвяния замес. След това сместа беше разделена на съответните дози за предвидените комбинации свързващо вещество и към тях беше добавено съответното количество вода, отнесено към масата на всяка доза. Така приготвените смеси бяха опаковани в полиетиленови водоуплътни пликкове и бяха оставени за 24 часа за постигане на равномерно овлажняване на материала.

Замесването на сместа се извърши ръчно, като към предварително хидратирания материал беше добавяно на порции съответното количество цимент. След едноминутно бъркане беше добавяно съответното количество битумна емулсия и бъркана в продължение на още една минута. Така приготвената смес беше насипана в цилиндричните форми.

Изготвените пробни тела бяха уплътнени чрез стандартен Маршалов чук, съгласно БДС EN12697-30. След уплътняване, пробните тела бяха извадени от цилиндричните форми и бяха опаковани в полиетиленови водоуплътни пликкове за да се предотврати загубата на влага. Така приготвените пробни тела бяха съхранявани във влажна среда при температура  $20 \div 25^\circ$  в продължение на 7 и 28 дни.

## 2.6. Изпитване на пробните тела

Приготвените пробни тела бяха изпитани по показателя „Якост на индиректен опън“, съгласно БДС EN 12697-23. Преди изпитването пробните тела бяха поставени в сушилня за 72 часа при температура  $40^\circ\text{C}$  до достигане на постоянна маса.

При провеждането на изпитванията беше установено, че пробните тела с по-малко количество битумна емулсия се отличават с по-чиста разрушена повърхност във вертикално натоварената посока в сравнение с останалите пробни тела. Това говори за едно по-слабо дуктилно поведение на смесите с минимално количество битумна емулсия.

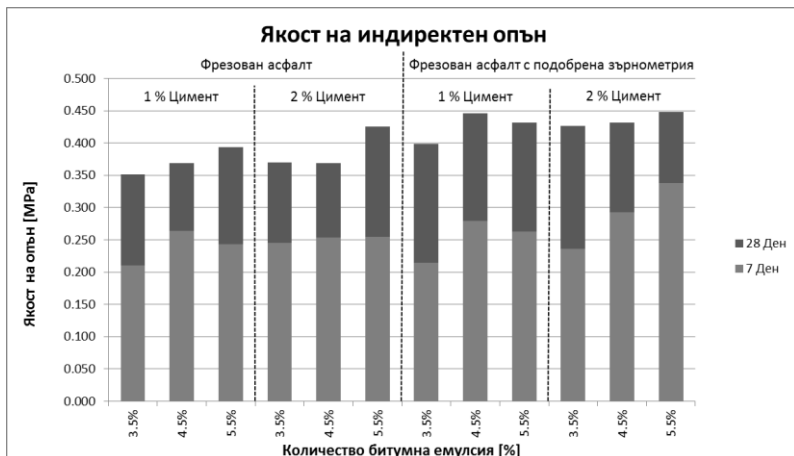
**Таблица 5. Резултати от проведените изпитвания за якост на индиректен опън**

Стабилизирани материал	Емулсия	Цимент	Якост на индиректен опън	
			7 ден	28 ден
	[%]	[%]	[MPa]	[MPa]
Фрезован асфалт	3,50	1,00	0,210	0,351
Фрезован асфалт	4,50	1,00	0,264	0,369
Фрезован асфалт	5,50	1,00	0,243	0,394
Фрезован асфалт	3,50	2,00	0,245	0,370
Фрезован асфалт	4,50	2,00	0,254	0,369
Фрезован асфалт	5,50	2,00	0,255	0,425
Подобрена зърнометрия	3,50	1,00	0,215	0,399
Подобрена зърнометрия	4,50	1,00	0,279	0,446
Подобрена зърнометрия	5,50	1,00	0,263	0,432
Подобрена зърнометрия	3,50	2,00	0,236	0,427
Подобрена зърнометрия	4,50	2,00	0,293	0,432
Подобрена зърнометрия	5,50	2,00	0,338	0,448

От резултатите (фиг. 6) на проведените изпитвания е видно, че пробните тела с подобрена зърнометрия притежават по-голяма якост на опън.

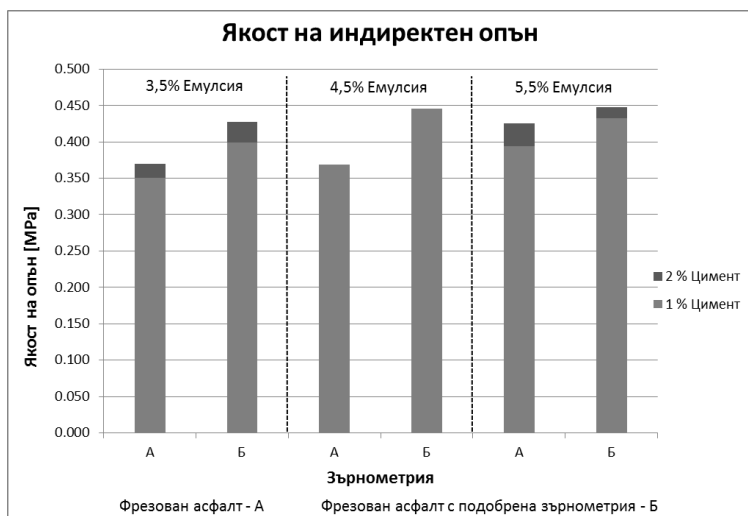
Увеличаването на циментовото съдържание от 1,0% на 2,0% не води до осезателно подобряване на показателя „Якост на индиректен опън“.

Най-голямо увеличение на якостта на пробните тела в периода на отлежаване от 7-ия до 28-ия ден се наблюдава при пробните тела, приготвени от смеси с подобрена зърнометрия и минимално количество битумна емулсия.



**Фиг. 6. Графично представяне на резултатите от проведените изпитвания за якост на индиректен опън**

При сравнение на стойностите на изпитаните пробни тела на 28-ия ден е видно, че най-високите стойности при изпитването на индиректен опън са получени при смесите с подобрена зърнометрия, както и с максималното количество битумна емулсия. Това доказва, че битума в сместа играе централна роля за осигуряването на якостта на опън на пробните тела.



**Фиг. 7. Графично представяне на резултатите от проведените изпитвания за якост на индиректен опън**

### 3. Изводи и заключения

С цел оптимизиране на технологията за студено рециклиране на асфалтов гранулат е от съществено значение обстойният лабораторен анализ на ролята на зърнометрията на стабилизиращия материал, свързващото вещество и добавъчните материали. Като се вземат предвид проведените лабораторни изпитвания на приготвените пробни тела от материал с по-едра и такъв с подобрена зърнометрия, както и при различни количества на свързващите вещества цимент и битумна емулсия, могат да бъдат направени следните изводи:

- Зърнометричният състав на асфалтовия гранулат има основно значение при сместа за стабилизиращи основни пластове. Равномерно разпределеният зърнометричен състав позволява да бъде постигната възможно по-голяма плътност на скелета и съответно по-малък обем на порите в положения пласт. Това води до повече допирни точки между отделните зърна, както и по-равномерно разпределение на свързващото вещество, което води до изграждането на т.нар. свързан пласт.
- При стабилизиращите пластове циментът създава връзки, които работят заедно с битума най-вече при по-ниски количества на битумна емулсия в сместа. От проведените изпитвания е видно, че при увеличаването на количествата на битумна емулсия в сместа промяната в количеството на цимента не оказва съществено значение за якостните характеристики на материала. При по-ниско съдържание на битумна емулсия (3,5%), циментът и битумът работят относително самостоятелно във връзките между отделните зърна.
- С увеличаването на съдържанието на битумна емулсия в сместа, битумът осигурява в по-голяма степен опънната якост на материала за сметка на цимента, тъй като битумът обвива циментовите зърна и изолира тяхното действие. Увеличеното количество битумна емулсия осигурява повече контактни точки между отделните зърна в асфалтовия гранулат, което води до увеличена опънна якост на материала.
- Количеството битумна емулсия оказва по-голямо влияние в случаите, когато битумът има свързваща функция между отделните зърна в сместа, т.е. при неравномерна зърнометрия, по-малко съдействие на цимента в сместа.

### Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-74/2015 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Eisenmann, J.* Bau von Verkehrsflächen – Teil 2, Verlag Wilhelm Ernst, 1987.
2. *Fröbel, T.* Wirtgen Straßenbau Handbuch. Wirtgen, 2002.
3. *Jenkins.* Wirtgen kaltrecycling – Handbuch. Wirtgen, 2006.

4. *Montepara, A.* “Kaltrecycling von asphaltgranulat“ stabilisiert mit bituminösen emulsionen. 2004.
5. *Neußner, E.* Kaltrecyclingbauweisen im Test – Ergebnisse des Projekts Neuberg. Straße + Autobahn 55, 2004.
6. *Oluwaseyi, O.* A study on the development of guidelines for the production of bitumen emulsion stabilised raps for roads in the tropics. University of Nottingham, 2010.
7. *Schubenz, D.* Straßenbau heute. Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Bundesverband der deutschen Zementindustrie, Köln, 1990.
8. *Sommer, H.* Straßenforschung – Überarbeitung der RVS 08.05.13 Zementstabilisierung, Bundesministerium für Verkehr. Innovation und Technologie, 2002.
9. *Velske, S.* Straßenbau Straßenbautechnik. Werner Verlag, 2009.

## **IMPROVING SERVICE BEHAVIOR OF PAVEMENTS BY STABILIZING THE BASE AND SUB-BASE LAYERS**

**V. Nikolov<sup>1</sup>, A. Mihov<sup>2</sup>**

*Keywords: stabilization of the road base*

### **ABSTRACT**

The not fully clarified mechanical properties of the stabilized or recycled asphalt layers give rise to the need for their detailed research and analysis. Several studies prove the role of the cement to improve the strength characteristics of stabilized layers. On the other hand, due to the high stiffness of these layers as well as due to the process of shrinkage, cracks occur and subsequently spread to the upper layers, up to the wearing course, causing deterioration of the pavement operating behavior.

Road construction praxis uses technology for asphalt recycling with bituminous emulsions, which avoids the negative effects arising from cement stabilization. By adding cement to the layers stabilized with bitumen emulsion, it becomes possible simultaneously the preservation of the elasticity of layers and the improvement of the strength qualities. In this type of compound, besides improving the mechanical characteristics of the stabilized layer, the cement in the mixture participates as a regulator of the binding of the bitumen emulsion.

Within this study, conducted with the assistance of RCDC at UACEG, the influence of different quantities of cement and bitumen emulsion in the stabilization of reclaimed asphalt pavement was investigated, as well as the importance of the particle size of the mixture for the improvement of its mechanical characteristics.

---

<sup>1</sup> Veselin Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolov\_hpc@abv.bg

<sup>2</sup> Aleksandar Mihov, Eng. PhD student, Dept. “Road Construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: aleksandar.mihov@gmail.com

