
ПРЕДВАРИТЕЛНА ОЦЕНКА В ЛАБОРАТОРНИ УСЛОВИЯ НА НАНОДОБАВКИТЕ В СМЕСИТЕ ЗА РЕЦИКЛИРНЕ НА МЯСТО С ХИДРАВЛИЧНО СВЪРЗВАЩИ ВЕЩЕСТВА

М. Дончев¹, Ив. Трифонов²

Ключови думи: рециклиране, нанодобавки

Научна област: строителство и поддържане на пътища

РЕЗЮМЕ

В рамките на това изследване се представя положителният ефект от използването на наноактиваторите в смесите за рециклиране на място. Тук се изследват пет вида смеси в лабораторни условия с минерален материал, взет чрез дълбоко фрезование от пътна конструкция, предвидена за основен ремонт, при вариация на вида хидравлично свързващо вещество. Оценката е направена на база изпитване на два основни механични показателя, а именно „якост на натиск“ съгласно БДС EN 13286-41:2003 и „якост на индиректен опън“ съгласно БДС EN 13286-42:2003.

1. Въведение

Сериозно влошеното състояние на пътищата в страната налага все по-сериозни и скъпи ремонти. Популярната технология за възстановяване на настилките навлизаща, все повече в пътностроителната практика – „Студено рециклиране на място“, а от 2014 г. вече и официално въведена в Техническа спецификация на АПИ, позволява да се използва на 100% наличният материал на място. Това е предимство, тъй като води до намаляване на общия брой на строителните работи, вредните емисии, сроковете за строителство и крайната ценова стойност. Технологията е изключително подходяща, когато става дума за основен ремонт и предлага набор от стабилизиращи вещества (традиционни и иновативни), като подходящ избор на такова за даден случай следва да

¹ Марин Дончев, ас. инж., кат. „Пътища“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: marin_sd@abv.bg

² Иван Трифонов, проф. д-р инж., кат. „Пътища“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, София 1046, e-mail: ist_fte@uacg.bg

осигури една дълготрайна, устойчива на натоварване, атмосферни влияния и трафик пътна настилка [1].

В последните години в световен мащаб за целите на рециклирането се използват два основни типа свързващи вещества – органични и хидравлични. На национално ниво практиката се е насочила предимно към хидравлично свързващите вещества (цимент, HRB, допълнителни активатори за тях). Настоящото изследване се фокусира именно върху различни комбинации от този тип реагенти.

2. Проблематика, цели и обхват

Освен проблематиката относно зърнометричния състав и технологията за производство на смесите за рециклиране на място, вж. [1], друг съществен фактор влияещ върху качеството на изпълнението, е видът и количеството на хидравлично свързващото вещество. Най-общо казано, якостните свойства на цименто-бетонната смес зависят от плътността на формираната кристална решетка. Тъй като производството на този тип смеси става по време на строителния процес, т.е. условията не са идеални, за разлика от контролираното производство в бетоновите центрове, се възпрепятства и пълният потенциал на хидратацията. В резултат от това се получава недобре формирана кристална решетка, откъдето следват и недостатъци в якостните свойства. Преодоляването на тези проблеми традиционно е свързано с голям разход на материали и необходимост от най-съвременна механизация. Всичко това обаче повишава единичната цена на строителния продукт.

През последните десетилетия в световен мащаб навлизат различни видове добавки (активатори), които по един или друг начин се борят с горепосочените проблеми и подобряват якостните характеристики на сместа при нейното традиционно производство на място. Основният принцип на действие е чрез подобряване на хидратацията и увеличаване количеството на кристалите за единица обем.

Целта на настоящото изследване е да бъде оценен ефектът от въвеждането на наноактиватор в сместа за рециклиране на място. На този етап ще бъде използван холандски продукт, а оценката ще бъде направена в лабораторни условия по натискова и опънна якост на 7-ия и 28-ия ден.

3. Опитна програма и резултати

Методиката за настоящото изследване до голяма степен е съобразена с изискванията на [2] и е подразделена на три основни стъпки, а именно:

- изследване на зърнометричния състав;
- проектиране състава на смесите;
- изпитване якостните характеристики на смесите.

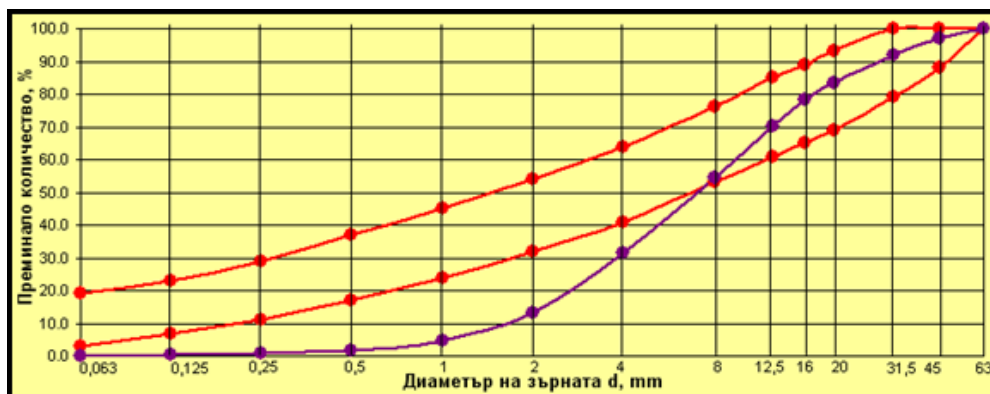
Към всяка една стъпка от горепосочените са представени и резултатите от нея.

3.1. Изследване на зърнометричния състав

Преди да бъдат предприети действия относно проектиране състава на смесите, е необходимо да се анализира зърнометричният състав на минералния материал, като същият се оценява посредством следните стъпки:

- вземане на проби от три места с фрезата (рециклатор), с която се планира дълбокото фрезование на пътната настилка;
- изготвяне на осреднена проба;
- изследване на зърнометричния състав на осреднената проба съгласно БДС EN 933-1:2012 [3].

На фиг. 1 и табл. 1 е представен резултатът от изследването на осреднената проба.



Фиг. 1. Резултат от изследването на осреднената проба

Таблица 1. Тolerанси и резултати от пресевния анализ

Отвори на ситата mm	Долна граница %	Горна граница %	Зърнометрия 1 %
0.063	3.0	19.0	0.2
0.125	7.0	23.0	0.5
0.250	11.0	29.0	0.9
0.500	17.0	37.0	1.8
1.000	24.0	45.0	4.6
2.000	32.0	54.0	13.1
4.000	41.0	64.0	31.7
8.000	53.0	76.0	54.5
12.500	61.0	85.0	70.1
16.000	65.0	89.0	78.1
20.000	69.0	93.0	83.2
31.500	79.0	100.0	91.8
45.000	88.0	100.0	97.0
63.000	100.0	100.0	100.0

Отворите на ситата са конфигурирани съгласно [3], а tolerансите са съгласно т. 6401 на [2]. Получените резултати от анализа показват, че е необходима корекция за вкарване в допустимите граници. По предписания на производителя на наноактиватора, той се миксира предварително с минералния материал и чак тогава се допуска основното смесване с хидравлично свързващото вещество. Поради тази причина тук

освен традиционното изследване на зърнометричния състав е оценен и ефектът от двойното хомогенизиране върху плътността на минералния скелет, вж. [1] и фиг. 2.



Фиг. 2. Изследвани зърнометрични криви и толеранси, [1]

За целите на настоящите лабораторни замеси се използва минерален материал както със Зърнометрия 1, така и със Зърнометрия 2. Не се добавя допълнителен стерил за вкарване в зърнометричните граници.

3.2. Проектиране състава на смесите

Във връзка с целта на изследването се предвижда проектиране и сравнение на пет вида рецепти, а именно:

- Рецепта 1: HRB 12,5 + Зърнометрия 1;
- Рецепта 2: HRB 12,5 + Зърнометрия 2;
- Рецепта 3: HRB 12,5 с наноактиватор + Зърнометрия 2;
- Рецепта 4: СЕМ II 32,5 с наноактиватор + Зърнометрия 2;
- Рецепта 5: СЕМ II 32,5 + Зърнометрия 2.

Както бе споменато още в началото, активаторът тук е холандски продукт, който се добавя към сместа с цел оптимизация на нейните физикомеханични характеристики. Проектирането традиционно става на два етапа. В първия етап се определят максималната плътност на скелета и оптималното водно съдържание (ОВС) съгласно [4], а във втория се изготвят рецептите и се формуват пробните тела с всяка от по-горе посочените комбинации. Всички замеси се правят съгласно изискванията на [2], а там, където участва и наноактиваторът, под внимание се вземат и предписанията на производителя.

3.2.1. Максимална плътност на скелета и оптимално водно съдържание

Всички резултати от първия етап са представени в табл. 3.

Таблица 3. Определяне на максималната плътност на скелета и ОВС

Изпитвана характеристика	Означение	Рецепта 1	Рецепта 2	Рецепта 3	Рецепта 4	Рецепта 5
Модифицирана плътност по "Проктор"	ρ_c	2,21 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³
Оптимално водно съдържание	w	7,7 %	8,4 %	8,4 %	8,4 %	8,4 %

3.2.2. Изготвяне на рецептите

Всички резултати от втория етап са представени в табл. 4.

Таблица 4. Рецепти

Изпитвана характеристика	Означение	Рецепта 1	Рецепта 2	Рецепта 3	Рецепта 4	Рецепта 5
Модифицирана плътност по "Проктор"	ρ_d	2,21 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³	2,20 Mg/m ³
Оптимално водно съдържание	w	7,7 %	8,9 %	8,9 %	9,0 %	8,9%
Съдържание на HRB 12,5 (Девня Цимент АД)	-	6,0 %	6,0 %	6,0 %	-	-
Съдържание на СЕМ II 32,5 (Девня Цимент АД)	-	-	-	6,0 %	6,0 %	6,0 %
Съдържание на Наноактиватор	-	-	-	0,06 %	0,06 %	-

3.3. Изпитване на якостните характеристики на смесите

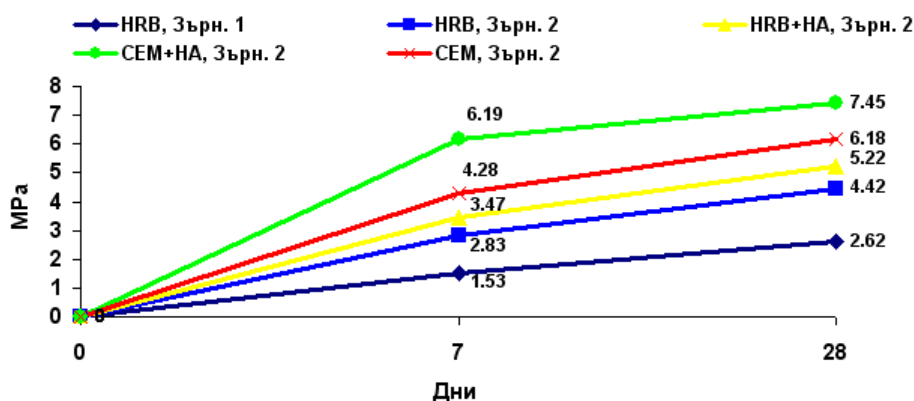
Като се взема под внимание [2] и [5] с всяка една от проектираните в точка 3.2 рецепти, тук се изпитват следните два механични параметъра на сместа:

- якост на натиск;
- якост на индиректен опън.

С оглед на обезпечаване на достатъчна точност за всяко изпитване се подготвят по мин. три броя пробни тела.

3.3.1. Якост на натиск съгласно БДС EN 13286-41

Натисковата якост е основен механичен параметър за оценка на качеството на сместа, залежал в [2]. Резултатите са получени съгласно [6] и са представени на фиг. 3.

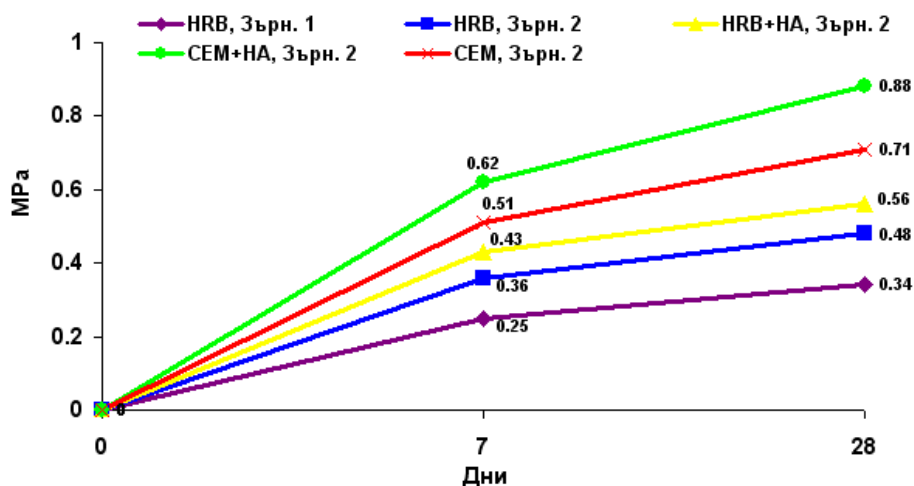


Фиг. 3. Резултати от изпитване на натисковата якост на петте смеси

От резултатите, представени на фиг. 3, ясно се забелязва, че смесите с наноактиватор са с по-висока натискова якост в сравнение с тези без него.

3.3.2. Якост на индиректен опън съгласно БДС EN 13286-42

При натоварване от трафик основните пластове на настилките са подложени на опънни напрежения и деформации. По тази причина при повечето методи за оразмеряване на пътни настилки тази информация е изключително необходима. Резултатите от изследването на якостта на индиректен опън са получени според [7] и са представени на фиг. 4.



Фиг. 4. Резултати от изпитване на индиректната якост на опън на петте смеси

На фиг. 4 ясно се забелязва, че резултатите са аналогични на натисковата якост.

4. Заключение и препоръки

Като заключение въз основа на резултатите от направените дотук лабораторни изследвания може да се обобщи, че смесите с наноактиватора показват по-добро поведение в сравнение с тези без него.

В един последващ етап на това изследване е препоръчително към лабораторния анализ да се направи и оценка на други възлови за якостните характеристики механични параметри като „якост на опън при огъване”, „модул на еластичност”, „устойчивост на замръзване” и други. Освен това е редно да се направи оценка и на други видове активатори и не на последно място не бива да се забравя, че тук говорим само за идеални условия. Всичко това задължително трябва да се приложи и при полеви условия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дончев, М., Н. Михайлов. Изследване ефекта на хомогенизацията при студеното рециклиране на място. Сп. „Транспортно строителство и инфраструктура”, брой 8, 2014.
2. Агенция Пътна Инфраструктура. Техническа Спецификация. 2014.
3. БДС EN 933-1:2012. Изпитвания за определяне на геометричните характеристики на скалните материали. Част 1: Определяне на зърнометричния състав. Метод чрез пресяване.
4. БДС EN 13286-2:2011. Несвързани и хидравлично свързани смеси. Част 2: Методи на изпитване за определяне на стандартна плътност при оптимално водно съдържание в лабораторни условия. Уплътняване по Proctor.
5. Pengpeng, Wu. Cement-bound road base materials, TU Delft, 2011.

6. БДС EN 13286-41:2003. Несвързани и хидравлично свързани смеси. Част 41: Метод за изпитване за определяне на якостта на натиск на хидравлично свързани смеси.

7. БДС EN 13286-42:2003. Несвързани и хидравлично свързани смеси. Част 42: Метод за изпитване за определяне на якостта на индиректен опън на хидравлично свързани смеси.

Постъпила: април 2015 г.

PRELIMINARY EVALUATION IN THE LAB OF NANO ADDITIVES IN MIXTURES RECYCLED IN PLACE WITH HYDRAULIC BINDERS

M. Donchev¹, I. Trifonov²

Keywords: *recycling, nano additives*

Research area: *road construction, road maintenance*

ABSTRACT

This paper is to present the positive effect of the nano additives in cold mixtures recycled in place. Five types of mixtures are examined in the laboratory, with mineral material taken through deep milling of a road construction planned for rehabilitation, in a variation of the type of the hydraulic binder. The evaluation is made on the basis of two main mechanical properties, namely “Compressive strength” according to EN 13286-41:2003 and “Indirect tensile strength” according to EN 13286-42:2003.

¹Marin Donchev, Assist. Eng., Dept. “Road construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: marin_sd@abv.bg

²Ivan Trifonov, Prof. Dr. Eng., Dept. “Road construction”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ist_fte@uacg.bg

