

УДК 625.855.32

Солодкий С.Й., д-р. тех.наук, Сідун Ю.В., Волліс О.Є.

ВПЛИВ СКЛАДОВИХ ЛИТОЇ ЕМУЛЬСІЙНО-МІНЕРАЛЬНОЇ СУМІШІ НА КІНЕТИКУ ЇЇ КОГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ

Анотація. Досліджено вплив дистильційного та окисленого бітумів, реактивності кам'яного матеріалу та типу суміші на розпад та міцнісні характеристики ЛЕМС. Визначено оптимальні склади ЛЕМС серед досліджених з точки зору кінетики набору когезійної міцності.

Ключові слова: дистильційний бітум, когезійна міцність, лита емульсійно-мінеральна суміш, окислений бітум, реактивний кам'яний матеріал, тип суміші.

УДК 625.855.32

Солодкий С.Й., д-р. тех.наук, Сідун Ю.В., Волліс О.Є.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЛИТОЙ ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ НА КИНЕТИКУ ЕЕ КОГЕЗИЙНОЙ ПРОЧНОСТИ

Аннотация. Исследовано влияние дистилляционного и окисленного битумов, реактивности каменного материала и типа смеси на распад и прочностные характеристики ЛЭМС. Определены оптимальные составы ЛЭМС среди исследованных с точки зрения кинетики набора когезионной прочности.

Ключевые слова: дистилляционный битум, когезионная прочность, литая эмульсионно-минеральная смесь, окисленный битум, реактивный каменный материал, тип смеси.

UDC 625.855.32

S.Yo. Solodkyi, Dr. Tech. Sci., Yu.V. Sidun, O.Ye. Vollis

THE INFLUENCE OF SLURRY MIX COMPONENTS UPON THE KINETICS OF ITS COHESION STRENGTH

Abstract. Testing is done on influence of distilled and oxidized bitumens, reactivity of aggregate and type of mix upon the setting and strength characteristics of slurry mix. Optimum slurry mix compositions are determined among those ones tested in terms of kinetics of cohesion strength build-up.

Key words: distillation bitumen, cohesion strength, slurry mix, oxidized bitumen, reactive aggregate, type of mix.

Вступ

Влаштування тонкошарових покриттів (ТП) з литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) є високоефективною та складною технологією ремонту та відновлення доріг, яка висуває певні жорсткі, специфічні вимоги до складових ЛЕМС. Виробнича практика

Introduction

Slurry-mix-based slurry surfacing (arrangement of thin-layer pavements (TLP) based on cast-emulsion-mineral-mixes) presents the high-efficient and complex technology for repair and renewal of motor-roads. This technology puts forward certain strict specific requirements to

показала, що вихідні матеріали, які використовуються в Україні для влаштування таких шарів навіть при відповідності їх вимогам нормативних документів не є оптимальними для застосування в цій технології [1-3]. Можна виділити дві основні проблеми застосування даної технології. Перше, це - використання мінеральних матеріалів з високою адсорбційною здатністю (реактивністю) за критерієм «метилєн синій». Загальна поверхнева активність глинистих часток, органічних домішок, шкідливих мінералів таких матеріалів перевищує допустиме значення за цим критерієм. Друга, це - використання бітумних емульсій (БЕ) на бітумах, що не забезпечують необхідну швидкість набору когезійної міцності укладеної литої суміші, а відтак інтенсивне формування покриттів та своєчасне відкриття руху по них. До таких бітумів відносяться високопарафіністі окислені (окиснені) нафтові бітуми. Наявність цих двох основних проблем та залежність ЛЕМС від температури та вологості навколишнього середовища спричиняють обмеженість цієї технології для використання.

Для України звичними бітумами є окислені, але статті [4-7] говорять про те, що оптимальними для цієї технології є дистиляційні бітуми. Тим більше в останній час виникли сумніви в правильності пріоритетного в колишньому СРСР технологічного способу отримання бітумів шляхом окислення нафтової сировини і достатньо наполегливо звучать твердження про доцільність виготовлення і використання дистиляційних бітумів, отриманих способом вакуумної дистиляції важкої сировини [8]. Натомість також не завжди враховуються такі чинники, як погодно-кліматичні умови, особливості вихідної сировини (легкі та важкі нафти), система оцінювання якостей бітумів [9].

Основна частина

Дослідження проводили на двох бітумах: дистиляційному Nybit E85 компанії Nynas (Швеція) та окисленому БНД 60/90 виробництва ПАТ «Транснаціональна фінансово-промислова нафтова компанія Укртатнафта» (далі БНД 60/90

slurry-mix components. The production practice has shown that the initial materials, which are used in Ukraine for paving such thin layers (even if they correspond to the requirements of normative documents), are not optimum for application in this technology [1]. One can point out two main problems in application of this technology. The first one is usage of mineral materials with high absorption ability (reactivity) by "methylene blue" criterion. The general surface activity of clayey particles, organic impurities, deleterious minerals in such materials exceeds the admissible value (by this criterion). The second one is usage of bitumen emulsions (BE) based on bitumens which do not provide for the required cohesion strength build-up rate for the slurry mix laid, and thus – for the intensive formation of pavements and timely start of traffic on them. Classified as such bitumens there are high-paraffin oxidized oil bitumens. Presence of these two main problems and slurry mix dependence upon the ambient temperature and humidity lead to limitations in application of this technology.

For Ukraine the most habitual are oxidized bitumens, but articles [4-7] show that the optimum ones for this technology are the distilled bitumens. Moreover, recently there appeared doubts regarding the rightness of the priority (in the former USSR) technological method for obtaining bitumens by means of crude oil oxidation. Rather persistently now sound the statements on expediency of production and usage of distilled bitumens, received by method of vacuum distillation of heavy raw material [8]. However, it is not always that such factors as weather-climate conditions are taken into consideration, as well as specific features of the initial raw material (light and heavy oils) and assessment system for bitumens' qualities [9].

Main part

The testing was done based on two bitumens: the distilled one Nybit E85, produced by company Nynas (Sweden), and oxidized BND 60/90 (Oil-Road-Bitumen), produced by JSC "Transnational financial-industrial oil company "Ukratnafta" (herein after BND 60/90

«Укртатнафта»). На основі цих бітумів були виготовлені відповідно бітумні емульсії №1 та №2, що відповідають марці ЕКП-60 згідно з [10]. Для визначення впливу кожного з трьох типів ЛЕМС та реактивності кам'яного матеріалу на показники когезійної міцності використали розрахункові склади 0-5, 0-10, 0-15 щебеневого відсіву та щебеню Клесівського кар'єру нерудних копалин «Технобуд» (показник метилену синього = 9 мл) та кар'єру ПАТ Ушицького комбінату будівельних матеріалів (показник метилену синього = 20 мл). Придатний для використання кам'яний матеріал повинен мати показник метилену синього (МС) в діапазоні 5-10 мл [11]. Цемент використали марки 400, як присадку було взято 10-% розчин емульгатора RedicoteE-11 (AkzoNobel, Швеція)

Неоптимальний за критерієм МС Ушицький відсів та щебінь вимагає включення в склад сумішей на дистильційному і на окисленому бітумах більшої кількості присадки, ніж оптимальний за цим критерієм Клесівський кам'яний матеріал (табл.1–2). Велика кількість дрібних глинистих і пиловатих частинок, що присутня в Ушицькому кам'яному матеріалі викликає передчасний розпад суміші через високу поверхневу активність цих часток. Саме тому потрібно включати в склад ЛЕМС значну кількість присадки для забезпечення нормативного показника розпаду суміші. Водночас, як на дистильційному, так і на окисленому бітумі спостерігаємо, що із збільшенням крупних фракцій кам'яного матеріалу і зменшенням дрібних, суміш потребує меншої кількості присадки.

Це пояснюється тим, що більшість реактивних глинистих і пиловатих частинок, що спричиняють передчасний розпад суміші, зрозуміло, зосереджуються в дрібних фракціях кам'яного матеріалу. Тому потреба в присадці, яка відтерміновує розпад суміші, зменшується із зменшенням в сумішах дрібних фракцій. Ця особливість разом із меншою товщиною вкладання суміші пояснюють вищий нормативний час розпаду суміші для типу 1 (≥ 180 с), ніж у сумішах типу 2 та типу 3 (≥ 120 с).

«Ukratnafta»). On the basis of these bitumens there were produced respectively bitumen emulsions No 1 and No 2, which correspond to the grade EKP-60 (Emulsion-Cationic-Slow-Setting) according to [10]. For determination of influence of each of three types of slurry mixes (as well as that of the aggregate reactivity) upon the cohesion strength indices there were used the assessment mix-design grades 0-5, 0-10, 0-15 of chips screenings from Klesiv quarry of non-ore minerals “Technobud” (methylene blue index=9 ml), as well as from the quarry of JSC Ushytskiy Integrated Plant of Construction Materials (methylene blue index=20 ml). The suitable for usage aggregate shall have the methylene blue index (MB) in the range of 5-10 ml [11]. The mark of used cement is 400, as dope was taken 10-% solution of emulsifier Redicote E-11(Akzo Nobel, Sweden).

The non-optimum by MB-criterion Ushytskiy screenings and broken stone require inclusion into the mix, based on both distilled and oxidized bitumens, of larger quantity of dope – comparative to the optimum (by this criterion) Klesiv aggregate (table 1-2). The large quantity of small clayey and dusty particles, present in setting of the mix due to high surface activity of these particles. That is why it is necessary to include into the slurry mix the substantial quantity of dope – to provide for the normative breaking index for the mix. At the same time, both on the distilled and oxidized bitumen one can see that – along with the increase of coarse aggregate grades and decrease of the fines – there appear the decrease of the dope quantity requirement for the mix.

It can be explained by the fact that majority of the reactive clayey and dusty particles, which cause the premature breaking of the mix, naturally, are concentrated in the fine grades of the aggregate. Therefore, the need for the dope, which prolongs (retards) breaking of the mix, decreases with decrease of the fine grades in the mixes. This specific feature, along with the lower thickness of the mix layer laid, explains the higher normative mix-breaking time for the type 1 (≥ 180 s), comparative to that one for the type 2 and type 3 mixes (≥ 120 s).

Таблиця 1 – Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду (P) на БЕ №1

№ складу	Вміст компонентів ЛЕМС, г, понад 100 г кам'яного матеріалу				P≥ 180с (тип 1) P≥120с (тип 2,3)
	Цемент	Вода	Присадка	БЕ	
	Клесівський відсів Грансклад 0-5, Тип 1				
1.1	1,5	10	2,0	14	185
	Клесівський щебінь Грансклад 0-10, Тип 2				
1.2	1,25	10	1,25	14	124
	Клесівський щебінь Грансклад 0-15, Тип 3				
1.3	1,25	10	1,0	14	122
	Ушицький відсів Грансклад 0-5, Тип 1				
1.4	1,75	10	3,25	14	181
	Ушицький щебінь Грансклад 0-10, Тип 2				
1.5	1,5	10	2,75	14	122
	Ушицький щебінь Грансклад 0-15, Тип 3				
1.6	1,5	10	1,5	14	147

Таблиця 2 – Оптимальні склади ЛЕМС за критерієм розпаду (P) на БЕ №2

№ складу	Вміст компонентів ЛЕМС, г, понад 100 г кам'яного матеріалу				P ≥ 180с (тип 1) P ≥ 120с (тип 2,3)
	Цемент	Вода	Присадка	БЕ	
	Клесівський відсів Грансклад 0-5, Тип 1				
2.1	1,25	10	1,75	14	182
	Клесівський щебінь Грансклад 0-10, Тип 2				
2.2	1,25	10	1,0	14	123
	Клесівський щебінь Грансклад 0-15, Тип 3				
2.3	1,25	10	0,75	14	122
	Ушицький відсів Грансклад 0-5, Тип 1				
2.4	1,5	10	3,5	14	185
	Ушицький щебінь Грансклад 0-10, Тип 2				
2.5	1,25	10	2,5	14	122
	Ушицький щебінь Грансклад 0-15, Тип 3				
2.6	1,25	10	1,25	14	147

Параметри, що виділені жирним шрифтом в табл. 3-4 характеризують такі етапи формування ЛЕМС, як самоущільнення (відкриття руху з обмеженням швидкості до 40 км/год) та затвердіння (відкриття руху без обмежень швидкості). Також в табл. 3-4 вжиті наступні позначення t – час випробування, Des – характер руйнування, M_0 – прикладений крутний момент, τ – границя міцності на зсув.

З табл. 3 видно, що склади 1.4, 1.5, 1.6 на дистиляційному бітумі з реактивним Ушицьким кам'яним матеріалом набору когезійної міцності ЛЕМС ніж склади 1.1, 1.2, 1.3 з Клесівським заповнювачем. Але завдяки природним якостям дистиляційного бітуму

Table 1 – Optimum slurry mix design by breaking criterion (Br) on BE No 1

Mix design No	Content of slurry mix components, g, in excess of 100 g of aggregate				Br ≥ 180s (type 1) Br ≥ 120s
	Cement	Water	Dope	BE	
	Klesiv screenings Grading 0-5, Type 1				
1.1	1,5	10	2,0	14	185
	Klesiv broken stone Grading 0-10, Type 2				
1.2	1,25	10	1,25	14	124
	Klesiv broken stone Grading 0-15, Type 3				
1.3	1,25	10	1,0	14	122
	Ushytskiy screenings Grading 0-5, Type 1				
1.4	1,75	10	3,25	14	181
	Ushytskiy broken stone Grading 0-10, Type 2				
1.5	1,5	10	2,75	14	122
	Ushytskiy broken stone Grading 0-15, Type 3				
1.6	1,5	10	1,5	14	147

Table 2 – Optimum slurry mix design by breaking criterion (Br) on BE No 2

Mix design No	Content of slurry mix components, g, in excess of 100 g of aggregate				Br ≥ 180s (type 1) Br ≥ 120s
	Cement	Water	Dope	BE	
	Klesiv screenings Grading 0-5, Type 1				
2.1	1,25	10	1,75	14	182
	Klesiv broken stone Grading 0-10, Type 2				
2.2	1,25	10	1,0	14	123
	Klesiv broken stone Grading 0-15, Type 3				
2.3	1,25	10	0,75	14	122
	Ushytskiy screenings Grading 0-5, Type 1				
2.4	1,5	10	3,5	14	185
	Ushytskiy broken stone Grading 0-10, Type 2				
2.5	1,25	10	2,5	14	122
	Ushytskiy broken stone Grading 0-15, Type 3				
2.6	1,25	10	1,25	14	147

Parameters, printed by bold font in tables 3-4, characterize such stages of slurry mix formation as self-compaction (starting traffic with speed limitation up to 40 km/h) and curing (starting traffic without speed limitation). Also in the tables 3-4 taken following notations: t – testing time, Des – character of destruction, M_0 – torque, τ – shear strength limit.

As one can see in table 3, the mix designs 1.4, 1.5, 1.6 on distilled bitumen with reactive Ushytskiy aggregate are characterized by lower cohesion strength build-up rate for slurry mix – comparative to the mix designs 1.1, 1.2, 1.3 on

навіть склади ЛЕМС 1.4-1.6 є ефективними з точки зору кінетики набору міцності ТП.

Таблиця 3 – Показники швидкість набору когезійної міцності оптимальних складів ЛЕМС за критерієм розпаду на основі БЕ №1

№ складу	t, год	Характеристики міцності		
		Des	M ₀ ,кг*см	τ, МПа
	Клесівський кам'яний матеріал			
1.1	0,5	NS	21	0,441
	0,75	SS	26	0,546
1.2	0,25	NS	20	0,42
	0,5	S	24	0,504
	0,75	SS	26	0,546
1.3	0,25	S	23	0,504
	0,5	SS	27	0,567
	Ушицький кам'яний матеріал			
1.4	0,5	N	12	0,252
	0,75	NS	20	0,42
	1,0	SS	26	0,546
1.5	0,5	NS	20	0,42
	0,75	SS	26	0,546
1.6	0,5	NS	22	0,441
	0,75	SS	27	0,546

З табл. 4 видно, що склади ЛЕМС № 2.1-2.6 на окисленому бітумі з реактивним Ушицьким кам'яним матеріалом також характеризуються меншим приростом міцності ніж склади № 2.1–2.3 на Клесівському кам'яному матеріалі.

Якщо порівнювати швидкість наростання когезії ЛЕМС на окисленому бітумі та Ушицькому і Клесівському матеріалах відповідно до підібраних гранскладів (0-5, 0-10, 0-15), тобто склади: 2.1 з 2.4, 2.2 з 2.5 та 2.3 з 2.6 то спостерігаємо що, етапи формування ЛЕМС самоущільнення та затвердіння на Ушицькому матеріалі настають на 1,5-2 години пізніше порівняно із значно менш реактивним Клесівським. Також жоден з складів №2.1-2.6 не є ефективним відповідно з вимогами до швидкості набору когезійної міцності ЛЕМС. Це пояснюється використанням неоптимального окисленого бітуму для ЛЕМС.

Klesiv filler. Still, due to natural qualities of distilled bitumen – even slurry mix designs 1.4-1.6 are efficient in terms of kinetics of strength build-up for TLP.

Table 3 – Cohesion strength build-up rate indices for optimum slurry mix designs –by Breaking criterion on BE No 1

Mix design No	t, год	Strength characteristics		
		Des	M _o ,kg*cm	τ, МПа
	Klesiv aggregate			
1.1	0,5	NS	21	0,441
	0,75	SS	26	0,546
1.2	0,25	NS	20	0,42
	0,5	S	24	0,504
	0,75	SS	26	0,546
1.3	0,25	S	23	0,504
	0,5	SS	27	0,567
	Ushytskiy aggregate			
1.4	0,5	N	12	0,252
	0,75	NS	20	0,42
	1,0	SS	26	0,546
1.5	0,5	NS	20	0,42
	0,75	SS	26	0,546
1.6	0,5	NS	22	0,441
	0,75	SS	27	0,546

As one can see in the table 4, the slurry mix designs No 2.1-2.6 on oxidized bitumen with reactive Ushytskiy aggregate are also characterized by lower strength growth comparative to those ones No 2.1–2.3 on Klesiv aggregate.

If to compare the cohesion strength build-up rate for slurry mix on oxidized bitumen and Ushytskiy and Klesiv aggregate in accordance with the grading selected (0-5, 0-10, 0-15), that is, mix designs: 2.1 with 2.4, 2.2 with 2.5 and 2.3 with 2.6, then one can see that the slurry mix stages of formation, self-compaction and curing on Ushytskiy aggregate begin by 1.5-2 hours later comparatively with substantially less reactive Klesiv aggregate. Besides, none of the mix designs No 2.1-2.6 is efficient according to the slurry mix cohesion strength build-up rate requirements. It is explained by the usage of non-optimum oxidized bitumen for slurry mix.

Таблиця 4 – Показники швидкості набору когезійної міцності оптимальних складів ЛЕМС за критерієм розпаду на основі БЕ №2

№ складу	t, год	Характеристики міцності		
		Des	M _o , кг*см	τ, МПа
	Клесівський кам'яний матеріал			
2.1	0,5	N	10	0,189
	1,0	N	10	0,21
	2,0	N	11	0,231
	4,0	NS	20	0,42
	5,5	S	23	0,483
	6,0	SS	26	0,546
2.2	0,5	N	12	0,252
	1,0	N	13	0,273
	3,5	NS	20	0,42
	4,0	S	23	0,483
	5,5	SS	26	0,546
2.3	0,5	N	12	0,252
	1,0	N	12	0,252
	3,0	NS	20	0,42
	4,0	S	23	0,483
	5,0	SS	26	0,546
	Ушицький кам'яний матеріал			
2.4	0,5	N	10	0,21
	1,0	N	10	0,21
	5,5	NS	20	0,42
	7,0	S	23	0,483
	8,0	SS	26	0,546
2.5	0,5	N	10	0,21
	1,0	N	11	0,231
	5,0	NS	20	0,42
	6,5	S	23	0,483
	7,5	SS	26	0,546
2.6	0,5	N	11	0,231
	1,0	N	12	0,252
	4,5	NS	20	0,42
	6,5	S	23	0,483
	7,0	SS	26	0,546

З рис. 1 та 2 видно, що з огляду на швидкість набору когезійної міцності, застосування неоптимального Ушицького кам'яного матеріалу можливе тільки за використання дистильційного бітуму. Порівнюючи найповільніший склад №1.4 за приростом когезійної міцності на Ушицькому відсіві та дистильційному бітум з найшвидшим складом № 2.6 на цьому ж Ушицькому кам'яному матеріалі та окисленому бітумі видно, що рух транспорту по ТП можемо відкривати з обмеженнями на 3,75 години раніше і без обмежень на 6 годин раніше в першому випадку.

Table 4 – Cohesion strength build-up rate indices for optimum slurry mix designs – by breaking criterion on BE No 2

Mix design No	t, год	Strength characteristics		
		Des	M _o ,kg*c m	τ, МПа
	Klesiv aggregate			
2.1	0,5	N	10	0,189
	1,0	N	10	0,21
	2,0	N	11	0,231
	4,0	NS	20	0,42
	5,5	S	23	0,483
	6,0	SS	26	0,546
2.2	0,5	N	12	0,252
	1,0	N	13	0,273
	3,5	NS	20	0,42
	4,0	S	23	0,483
	5,5	SS	26	0,546
2.3	0,5	N	12	0,252
	1,0	N	12	0,252
	3,0	NS	20	0,42
	4,0	S	23	0,483
	5,0	SS	26	0,546
	Ushytskiy aggregate			
2.4	0,5	N	10	0,21
	1,0	N	10	0,21
	5,5	NS	20	0,42
	7,0	S	23	0,483
	8,0	SS	26	0,546
2.5	0,5	N	10	0,21
	1,0	N	11	0,231
	5,0	NS	20	0,42
	6,5	S	23	0,483
	7,5	SS	26	0,546
2.6	0,5	N	11	0,231
	1,0	N	12	0,252
	4,5	NS	20	0,42
	6,5	S	23	0,483
	7,0	SS	26	0,546

On Fig. 1 and 2 one can see that due to the cohesion strength build-up rate the application of non-optimum Ushytskiy aggregate is possible only upon the condition of using distilled bitumen. When comparing the slowest mix design No 1.4 by cohesion strength build-up rate on Ushytskiy screenings and distilled bitumen correspondingly with the fastest mix design No 2.6 on that very Ushytskiy aggregate and oxidized bitumen – one can see that start of traffic by TLP is possible with limitations by 3.75 and without limitations by 6 hours sooner in the first case.

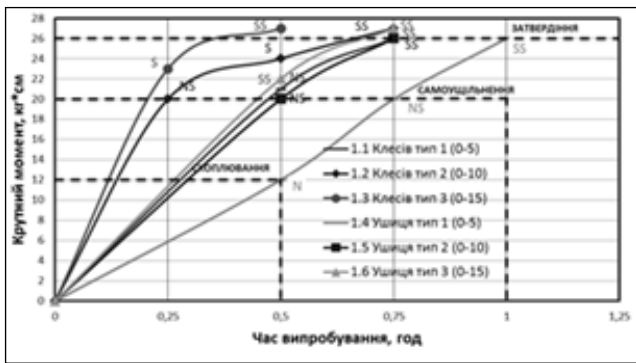


Рисунок 1 – Швидкість набору когезійної міцності оптимальних складів ЛЕМС за критерієм розпаду на основі БЕ №1

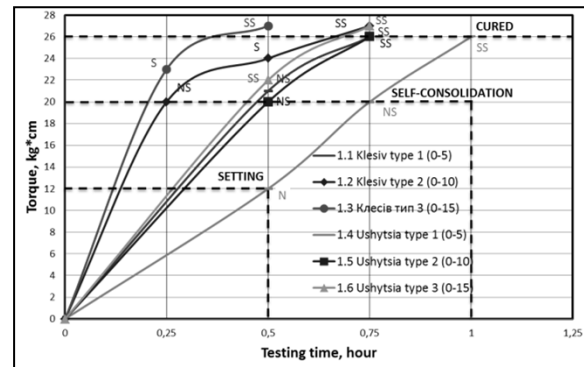


Figure 1 – Cohesion strength build-up rate indices for optimum slurry mix designs – by breaking criterion on BE No 1

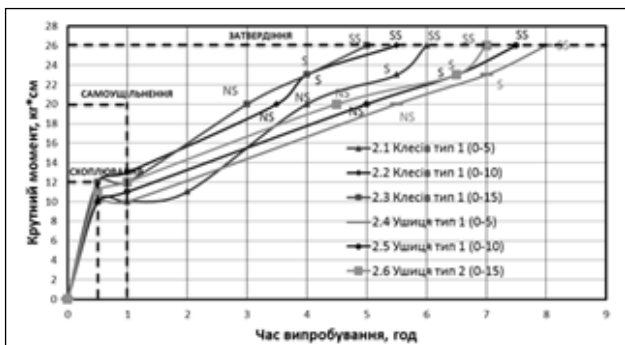


Рисунок 2 – Швидкість набору когезійної міцності оптимальних складів ЛЕМС за критерієм розпаду на основі БЕ №2

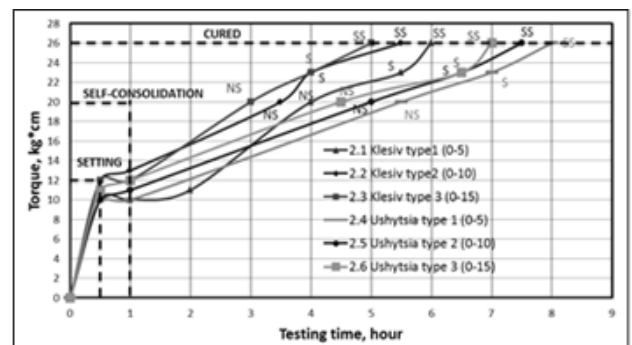


Figure – 2 Cohesion strength build-up rate indices for optimum slurry mix designs – by breaking criterion on BE No 2

Згідно з рис.1–2, незалежно від використаного бітуму та кам'яного матеріалу швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС буде вищою у сумішах типу 2 (0-10) та типу 3 (0-15), адже тип 1 (0-5) вимагає більшої кількості присадки. При чому, тип суміші 3 дозволяє досягти найкращого приросту когезійної міцності: етапи самоущільнення та затвердіння суміші настають на 0,5 год та 1,0 год швидше ніж для суміші типу 2 та типу 1 відповідно.

Висновки

1. Незалежно від використаного бітуму (дистиляційний чи окислений), чим вище значення показника МС кам'яного матеріалу, тим швидкість набору когезійної міцності ЛЕМС є нижчою.

2. Гранулометричний склад кам'яного матеріалу, що відповідає типу суміші 3 (0-15) є найефективніший за критерієм швидкості набору когезійної міцності.

Conclusions

1. Regardless of the bitumen used (distilled or oxidized one), the higher the MB index of aggregate is, the lower the slurry seal mix cohesion strength build-up rate will be.

2. The aggregate grading, which corresponds to the mix type 3 (0-15), is the most efficient by criterion of cohesion strength build-up rate.

3. Найповільніший ріст когезійної міцності спостерігаємо за використання гранскладу кам'яного матеріалу, що відповідає типу суміші 1 (0-5).

4. Суміш на дистиляційних бітумах характеризується над швидким самоущільненням та затвердінням. Відкриття руху транспорту з обмеженням швидкості до 40 км/год по ТП з ЛЕМС відбувається на 3,25–3,75 години швидше ніж на окислених, а відкриття руху без обмежень швидкості відбувається 4,75–5,25 години швидше.

3. The slowest cohesion strength build-up rate is observed when the aggregate grading, corresponding to the mix type 1 (0-5), is used.

4. The mix based on distilled bitumens is characterized by over-high self-compaction and curing. Start of traffic with speed limitation up to 40 km/h by TLP formed by slurry mix occurs by 3.25–3.75 hour faster then for the mixes based on oxidized bitumens, while start of traffic without limitations occurs by 4.75–5.25 hour faster.

Література

1. Кіщинський С.В., Гончаренко Ю.Ф., Гнатюк Е.М. Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». // Дороги і мости: Збірник наукових праць.– К.: ДерждорНДІ, 2008. – Випуск 10.

2. С. И. Солодкий, Ю. В. Сидун, А. Е. Воллис. Пути повышения скорости набора когезионной прочности литыми эмульсионно-минеральными смесями. Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «Белдорнии» // Научно-технический журнал Автомобильные дороги и мосты. – Минск, 2016. – №1 (17).– С.55-61.

Сідун Ю.В. Прискорювачі швидкості набору когезійної міцності для литих емульсійно-мінеральних сумішей / С.І.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс // Наукові нотатки: Міжвуз. зб. (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – 2014. – Вип. 46. – С.516-521.

4. Akzo Nobel Surface Chemistry. Вопросы асфальтобетона. Информационный бюллетень отдела «Добавки для дорожного строительства». Система Редипейв для покрытия Сларри сил быстрого распада на любом битуме Европа, Ближний Восток, Индия и Африка. Выпуск 84 – 2013.С.6.

5. AkzoNobel Surface Chemistry. Technical Information. The Redipave Slurry Surfacing & Micro-asphalt System for low acid binders. February 2011 (2).

6. AkzoNobel Surface Chemistry. Информационный бюллетень по применению асфальтобетона. Новые продукты: Redicote

References

1. Кіщинський С.В., Гончаренко Ю.Ф., Гнатюк Е.М. Досвід та проблеми влаштування на дорогах України тонкошарових покриттів типу «Сларрі Сіл». // Дороги і мости: Збірник наукових праць.– К.: ДерждорНДІ, 2008. – Випуск 10.

2. С. И. Солодкий, Ю. В. Сидун, А. Е. Воллис. Пути повышения скорости набора когезионной прочности литыми эмульсионно-минеральными смесями. Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «Белдорнии» // Научно-технический журнал Автомобильные дороги и мосты. – Минск, 2016. – №1 (17).– С.55-61.

3. Сідун Ю.В. Прискорювачі швидкості набору когезійної міцності для литих емульсійно-мінеральних сумішей / С.І.Солодкий, Ю.В.Сідун, О.Є.Волліс // Наукові нотатки: Міжвуз. зб. (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – 2014. – Вип. 46. – С.516-521.

4. Akzo Nobel Surface Chemistry. Вопросы асфальтобетона. Информационный бюллетень отдела «Добавки для дорожного строительства». Система Редипейв для покрытия Сларри сил быстрого распада на любом битуме Европа, Ближний Восток, Индия и Африка. Выпуск 84 – 2013.С.6.

5. AkzoNobel Surface Chemistry. Technical Information. The Redipave Slurry Surfacing & Micro-asphalt System for low acid binders. February 2011 (2).

6. AkzoNobel Surface Chemistry. Информационный бюллетень по

505– Європа и Азия. Выпуск 82 – 2011.С.16.

7. Д.Л. Журавський «Про взаємозв'язок теорії і практики застосування бітумів». Дорожня галузь України. - 2010.- № 2. – с.58.

8. Ипполитов Е.В., Гридников И.Б. Технология производства битумов // Химия и технология топлив и масел, №4, 2000.– с. 26-33.

9. Золотарьов В.О., Пиріг Я.І., Галкін А.В., Кудрявцева Вальдес С.В. Порівняльне дослідження властивостей окислених і залишкових бітумів. Автошляховик України. № 4. - 2010. - С. 32 - 37.

10. ДСТУ Б В.2.7-129:2013. «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.» - Київ : Мінрегіон України., 2014.

11. СОУ 42.1-37641918-119:2014. Суміші литі емульсійно-мінеральні Технічні умови. - Київ:Укравтодор.2014.

применению асфальтобетона. Новые продукты: Redicote 505– Европа и Азия. Выпуск 82 – 2011.С.16.

7. Д.Л. Журавський «Про взаємозв'язок теорії і практики застосування бітумів». Дорожня галузь України. - 2010.- № 2. – с.58.

8. Ипполитов Е.В., Гридников И.Б. Технология производства битумов // Химия и технология топлив и масел, №4, 2000.– с. 26-33.

9. Золотарьов В.О., Пиріг Я.І., Галкін А.В., Кудрявцева Вальдес С.В. Порівняльне дослідження властивостей окислених і залишкових бітумів. Автошляховик України. № 4. - 2010. - С. 32 - 37.

10. ДСТУ Б В.2.7-129:2013. «Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.» - Київ : Мінрегіон України., 2014.

11.СОУ 42.1-37641918-119:2014. Суміші литі емульсійно-мінеральні Технічні умови. - Київ:Укравтодор.2014.

Рецензенти:

Савенко В.Я., д-р тех. наук, Національний транспортний університет.

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Savenko V.Ya., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Gameliak I.P., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **11.10.2016 р.**