

## **ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ**

**УДК 625.852**

**Онищенко А.М.**, канд. техн. наук

### **ПРАКТИЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ДО КОЛІЇ НА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ**

**Анотація.** В статті наведені особливості з проектування зернових складів асфальтобетонних сумішей, а саме при: проектуванні оптимального зернового складу асфальтобетонної суміші; проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби; визначення показника стікання щебенево-мастикової суміші від термінів її зберігання і транспортування; контролюванні температури доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу; контролюванні властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні.

**Ключові слова:** асфальтобетон, колієстійкість, проектування зернового складу, температура, транспортування, ущільнення.

**УДК 625.852**

**Онищенко А.Н.**, канд. техн. наук

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ К КОЛЕЕ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

**Аннотация.** В статье приведены особенности по проектированию зерновых составов асфальтобетонных смесей, а именно при: проектировании оптимального зернового состава асфальтобетонной смеси; проектирование зернового состава асфальтобетона повышенной колеестойкости с оптимизацией

по показателю расчетного срока службы; определение показателя стекания щебеночно-мастичной смеси от сроков ее хранения и транспортировки; контроле температуры доставленной на объект смеси в кузове транспортного средства; контроле свойств асфальтобетонной смеси при ее укладке и уплотнении.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, колееустойкость, проектирование зернового состава, температура, транспортировка, уплотнение.

**UDC 625.852**

**Onyschenko A.,** Cand. Eng. Sci. (Ph.D.)

## **PRACTICAL METHODS OF IMPROVING ASPHALT CONCRETE COATING STABILITY TO COLLECTION TO TRANSPORTATION SPORTS**

**Abstract.** In the article the peculiarities on designing grain compositions of asphalt-concrete mixtures are given, namely: designing the optimal grain composition of the asphalt-concrete mixture; Design of the grain composition of asphalt concrete of increased flakiness with optimization in terms of the estimated service life; Determination of the flow rate of the crushed-grained mixture from the time of its storage and transportation; Control of the temperature of the mixture delivered to the object in the body of the vehicle; Control of the properties of the asphalt-concrete mixture during its packing and compaction.

**Key words:** asphalt, rooting resistant, designing grain composition, temperature, transportyrovka, seal.

### **Вступ**

При експлуатації асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах на його поверхні з'являються та накопичуються пластичні деформації у вигляді колії, зсувів та напливів, що пов'язано з недостатньою колієстійкістю покриття в умовах підвищених температур і слабого зчеплення між шарами асфальтобетонів та жорсткою основою мосту. Проблема недостатньої колієстійкості асфальтобетонного покриття підсилюється ще тим, що на автодорожніх мостах при високих температурах суттєво знижується модуль пружності асфальтобетону, а модуль пружності основи практично не

змінюється. Це призводить до концентрації напружень на контактні асфальтобетону з залізобетоном та значних горизонтальних зсувних деформацій. Крім того значна різниця коефіцієнтів лінійного температурного деформування покриття та основи мосту [1-3] часто призводить до відшарування асфальтобетонного покриття від жорсткої основи мостового полотна при коливаннях температури. Тому результатами наукових досліджень є вирішення основної проблеми колієутворення у асфальтобетонному покритті на автодорожніх мостах, яка вирішується практичними методами.

### **Основна частина**

*Вимоги до зернових (гранулометричний) складів асфальтобетонної суміші.* Зерновий склад мінеральної частини гарячих асфальтобетонних сумішей різних типів та видів рекомендується застосовувати з урахуванням дорожньо-кліматичного районування території України за умовами роботи асфальтобетонних покриттів та категорії автомобільних доріг та вимог [3-11]. Рекомендується застосовувати асфальтобетон з таким зерновим складом, що забезпечить підвищену колієстійкість. Для доріг I та II категорій рекомендується застосовувати асфальтобетон: - дрібнозернистий (для верхнього шару), щільний типу А або типу Б, I марки з максимальним розміром щебеню 15 мм (20 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; - щебенево-мастиківий асфальтобетон (ЩМА) з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм) - для верхнього шару та 20 мм – для нижнього шару покриття згідно з [7, 12, 11]; – асфальтобетон литий (ЛА) «Гусасфальт» максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм) для верхнього шару та 15 мм – для нижнього шару згідно з [6, 12].

Вимоги до властивостей асфальтобетонної суміші та асфальтобетону. Асфальтобетони, які застосовуються в якості покриття на автодорожніх мостах автомобільних доріг в залежності від категорії та дорожньо - кліматичного районування, повинні відповідати вимогам до фізико-механічних властивостей згідно [4 - 8, 10 - 12] та вимогам таблиці 1.

Для доріг III категорії рекомендується застосовувати асфальтобетон: – дрібнозернистий (для верхнього шару), щільний, типу А або типу Б, I марки з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм, 20 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; – щебенево-мастиківий асфальтобетон з максимальним розміром щебеню 10 мм (15 мм), згідно з [7, 11, 12]; – асфальтобетон литий аналогічно як для доріг I та II категорій. Для доріг IV - категорії рекомендується застосовувати асфальтобетон: – дрібнозернистий, щільний, типу Б та (або) типу В, I марки з максимальним

розміром щебеню 10 мм (15 мм), згідно з [4, 8, 11, 12]; – щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальним розміром щебеню 5 мм (10 мм), згідно з [7, 11, 12]; – литий асфальтобетон застосовують при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

**Таблиця 1** – Вимоги до проектування зернового складу в залежності від технології ведення полімеру в асфальтобетону суміш

Вид асфальтобетону	Технологія виготовлення асфальтобетонних сумішей		Властивості перевіряються за вимогами	Вимоги	Категорія дороги
	бітум модифікований полімерами	при веденні полімеру в суміш			
1	2	3	4	5	6
Тип А, Тип Б	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	ведення латексу в суміш у кількості 3-5% від маси бітуму	$R_{20} > R_{норм.}$	4,0	I, II
			$R_{50} > R_{норм.}$	2,0	
			$K_{тр/вод} > K_{вим}$	0,9	
			$W_{min} < W < W_{max}$	2,0-3,5	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	
ЩМА	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	Ведення в асфальтобетонну суміш латексу в кількості 3-5% від маси бітуму	$R_{min} < R_0 < R_{max}$	2,5-5,5	I, II
			$R_{50} > R_{норм.}$	0,7	
			$R_{20} > R_{норм.}$	2,7	
			$W_{min} < W < W_{max}$	1,0-3,0	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	
			$E_p < E_{норм.}$	0,16	
ЛА	БМП 40/60-56, БМП60/90-52	-	$P_{min} < P_{завдов} < P_{max.}$	1,0-3,0	I, II
			$R_{50} > R_{норм.}$	0,7	
			$R_{20} > R_{норм.}$	2,7	
			$\Pi_{з/п} < \Pi_{з/п}^{норм}$	2	
			$R_{min} < R_0 < R_{max}$	2,5-6,0	
			$w_{50} < w_{норм.}$	5	

Вимоги до проектування зернового складу асфальтобетонних сумішей для автомобільних доріг III-V повинні відповідати вимогам згідно [4 - 8, 10 - 12].

Показник однорідності асфальтобетонних сумішей необхідно оцінювати за коефіцієнтом варіації показника границі міцності на стиск асфальтобетону за температури 50 оС згідно з методикою [13]. Він не повинен перевищувати для асфальтобетонів: для автомобільних доріг I, II категорії – 15; для III, IV категорії – 18 [4, 5, 7 – 12, 14].

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття доцільно використовувати полімерні і полімерно-армуючі добавки для модифікації асфальтобетонної суміші згідно з [11, 12].

### Проектування складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості.

Суть полягає у проектуванні зернового складу вихідних мінеральних компонентів асфальтобетону, а саме традиційного асфальтобетону [3, 4, 8, 10, 11], щебенево-мастикового асфальтобетону [7] та асфальтобетону литого «Гусасфальт» [10]), на бітумі нафтовому дорожньому [15] та бітумі модифікованому полімерами [9]. Дана методологія базується на експериментально-розрахункових методах та техніко-економічному обґрунтуванні при оптимізації зернового складу.

Для забезпечення оптимізації зернового складу при проектуванні асфальтобетону підвищеної колієстійкості для застосування на автодорожніх мостах пропонуються такі методи, а саме: - проектування зернового складу асфальтобетону на бітумі нафтовому дорожньому та бітумі модифікованому полімерами; проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби; встановлення марки за експлуатаційними характеристиками асфальтобетону; оцінка економічної ефективності асфальтобетону.

Проектування зернового складу асфальтобетону на бітумі нафтовому дорожньому або бітумі модифікованому полімерами. Проектування складу асфальтобетону, розпочинається з визначення зернового складу вихідних мінеральних компонентів.

Необхідно виконати підбір зернового складу асфальтобетонної суміші (контрольний склад), що найкраще відповідатиме вимогам [3, 4, 6 - 8]. Відповідно до рекомендацій [3, 4, 6 - 8] призначається або розраховується орієнтовне значення оптимальної кількості бітумного в'язучого  $\tilde{B}_{onm}$  [3, 4, 6 - 8]. Бітумне в'язуче – це бітум нафтовий дорожній [15] або бітум дорожній, модифікований полімерами згідно [9]. Потім встановлюється кілька значень кількості в'язучого  $B$  (не менше п'яти) для лабораторного приготування асфальтобетонної суміші:  $B_1 = \tilde{B}_{onm}$ ,  $B_2 = \tilde{B}_{onm} - n$ ,  $B_3 = \tilde{B}_{onm} - 2n$ ,  $B_4 = \tilde{B}_{onm} + n$ ,  $B_5 = \tilde{B}_{onm} + 2n$  і т.д. ( $n$  – зміна кількості в'язучого, що встановлюється в межах 0,3-0,5 %) [3, 10, 11].

Наступним етапом виготовляються проби асфальтобетонної суміші з призначеними кількостями бітумного в'язучого і формуються зразки циліндричної форми розмірами згідно [10, 13, 16, 17] для визначення таких

фізико-механічних властивостей з урахуванням табл. 7.1: водонасичення  $W$ ;  $R_{50}$ ,  $R_{20}$  - границі міцності при стиску за температури 50 °С, 20 °С;  $R_0$  - границі міцності при розколюванні за температури 0 °С;  $w$  - глибина колії;  $E_p$  - показник стікання;  $P_{зл.в.одав}$  - глибина вдавлювання штампу (можуть бути вибрані додатково і інші стандартні фізико-механічні характеристики). Після, чого будуються графіки залежностей  $W = f(B)$ ,  $R_{20} = f(B)$ ,  $R_{50} = f(B)$ ;  $R_0 = f(B)$ ,  $w = f(B)$ ,  $E_p = f(B)$ ,  $P_{зл.в.одав} = f(B)$  від кількості бітумного в'язучого. Отримані графічні залежності аналізуються з визначенням чітко вираженими максимумами. Однак, у випадках, коли не спостерігаються максимуми, то необхідно уточнити значення  $B$  і  $n$  та при їх значеннях отримати характеристики  $w$ ,  $R_{50}$ ,  $R_{20}$ ,  $R_0$ , та  $E_p$ ,  $P_{зл.в.одав}$ ,  $w$ .

У результаті отриманих даних необхідно вибрати таку кількість бітумного в'язучого, при якій асфальтобетон найкраще відповідає за випробуваними показниками ( $W$ ,  $R_{20}^{600}$ ,  $R_{50}$ ,  $K_{МРЗ}$  та  $K_{ТР}$ ) вимогам нормативних документів [4, 6, 7, 8 10, 16, 17 ] та таблиці 1. Дана кількість бітумного в'язучого вважається оптимальною ( $B_{opt}$ ). У випадках, коли асфальтобетон не задовольняє стандартним вимогам, необхідно внести корективи в склад, замінюючи компоненти асфальтобетону та змінюючи їх кількісне співвідношення до задоволення попередніх вимог.

Виконання досліджень потребує виготовлення відповідної кількості зразків для проведення досліджень по встановленню всіх стандартних характеристик асфальтобетону контрольного складу з оптимальною кількістю бітумного в'язучого  $B_{opt}$ .

Результати досліджень перевіряються відповідності вимогам існуючих нормативних документів [4, 6, 7, 8 10, 16, 17] та таблиці 1. У тому випадку, коли результати досліджень відповідають вимогам нормативних документів, можна вважати, що контрольний склад асфальтобетонної суміші є підібраним. Однак, якщо цей склад не задовольняє вимогам нормативних документів, то необхідно виконати корегуючі дії до отримання позитивних результатів. Зерновий склад асфальтобетонної суміші необхідно перевіряти з урахуванням часу її транспортування у зв'язку з тим, що із збільшенням часу транспортування суміш в кузові автомобіля починає розшаровуватись, це призводить до так званих процесів сегрегації [14]. Тому, необхідно відбирати асфальтобетонну суміш з

конкретного об'єкту де буде вона застосовуватись. Зерновий склад асфальтобетонної суміші перевіряється за вимогами [4, 6, 7,8 10, 16, 17]. Фізико-механічні властивості асфальтобетону. Показники фізико-механічних властивостей асфальтобетону повинні відповідати вимогам [4, 6, 7,8 10, 16, 17] та таблиці 1 з урахуванням відповідного часу транспортування асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля.

**Проектування зернового складу асфальтобетону підвищеної колієстійкості з оптимізацією за показником розрахункового строку служби.**

Суть методу полягає у проектуванні гранулометричного складу асфальтобетону [142, 449 – 452, 504] (п. 7.1.4.1) з оптимізацією за показником розрахункового строку служби  $T_p^k$ , який базується на визначенні розрахункового строку служби асфальтобетону за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій  $S_w$  при нормальних умовах експлуатації, яка базується на даних [17-20]. Даний метод визначення розрахункового строку служби асфальтобетону може бути використаний для встановлення залишкового строку служби асфальтобетонного покриття на стадії експлуатації за критерієм показника стійкості до накопичення залишкових деформацій  $S_w$ . За розрахунковий строк служби асфальтобетону  $T_p^k$ , який являє собою період часу безвідмовної роботи матеріалу покриття (без виникнення залишкових деформацій у вигляді колії) на протязі всього розрахункового строку служби, визначається за формулою:

$$T_p^k = \left( (K_y \cdot S_w^H) / (S_w \cdot N_p^{a/\Gamma} \cdot T_{50}) \right) \cdot 10^2 \geq [T_{\text{проект}}], \quad (1)$$

де  $T_p^k$  – строк служби асфальтобетонного покриття за критерієм колієстійкості визначається у роках;

$S_w^H$  – нормативне значення показника стійкості до накопичення залишкових деформацій (граничний показник), м·N визначається за формулою (2);

$K_y$  – коефіцієнт умови руху транспортних засобів, для стиснених умов руху на автодорожніх мостах приймають 1,0;

$S_w$  – величина інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій  $m \cdot N$ , після одного циклу дії колісного навантаження при температурі 50 °С ;

$N_p^{a/\Gamma}$  – розрахункова інтенсивність руху в полосі транспортних засобів за годину, авт./год (для розрахунку приймали 190); визначається по результатами спостереження за конкретним автодорожнім мостом, а також відповідно методики, яка наведена в розділі 2 даної роботи;

$T_{\text{проект.}}$  – проектний строк служби асфальтобетонного покриття проїзної частини автодорожнього мосту, що становить 7 років;

$T_{50}$  – кількість годин в році з температурою асфальтобетонного покриття 50 °С і вище, год/рік, визначається по даним метеостанції в кожному конкретному регіоні, при відсутності даних рекомендується приймати 200 год/рік.

$$s_w^H = w_H \cdot N_n, \quad (2)$$

де  $w_H$  – нормативне значення залишкової деформації, для розрахунків приймається 0,005 м;

$N_n$  – кількість навантажень приймають для розрахунків 4000.

Величину  $S_w$  інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонному зразку визначають за методикою [20]. Для визначення показника стійкості асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій формують зразки згідно [20] або іншими методами. Товщина зразків повинна бути рівною проектній товщині верхнього шару покриття. Асфальтобетонні зразки плити випробовують на секторному пресі під дією огубленого колеса з еквівалентним навантаженням до розрахункового автомобіля 57,5 кН (тиск від колеса на зразок 0,8 МПа) при температурі 50 °С. Огумлене колесо у секторному пресі [20] здійснює зворотно-поступальний рух по випробувальній поверхні зразка - це вважається один циклом навантаження. Після завершення 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 15000, 20000 циклів навантаження вимірюється глибина колії в кожному зразку. Інтегральний



показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону, після одного циклу дії колісного навантаження  $S_w$ , визначають за формулою:

$$S_w = \frac{w_2 \cdot N_2 - w_1 \cdot N_1}{N_2 - N_1} \cdot 0,001, \quad (3)$$

де  $N_1$  – мінімальна кількість циклів навантаження колеса на зразок, приймається, рівне 4000;

$N_2$  – максимальна кількість циклів навантаження колеса на зразок, приймається, в нашому випадку рівне 10000 або 20000 циклів;

$w_1$  – залишкова деформація, яка утворилась в зразку, після мінімальної кількості циклів навантаження колеса, мм;

$w_2$  – залишкова деформація, яка утворилась в зразку, після максимальної кількості циклів навантаження колеса, мм.

Приклад обробки результатів випробувань п'яти зернових складів асфальтобетону, що представлено в таблиці 2.

**Таблиця 2** – Результати оцінки строк служби асфальтобетонного покриття за критерієм колієстійкості

Шифр	Розшифровка асфальтобетону	Максимальна величина колії $W$ , мм		Розрахунк. строк служби покриття на автод. мостах, для автомоб. дороги I кат., роки
		після 4000 проходів колеса по зразку	після 10000 проходів колеса по зразку	
10.2-А-20-3В	АСГ.Др.Щ.А-20 НП.І. (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 5,7 %)	3,0	4,1	11,0
11.5-Б-20-3К	АСГ.Др.Щ. Б-20 НП.І. (БНД 60/90 – 3 % Kraton D1101 – 6,0 %)	4,3	5,4	8,5
9.2-ЩМА-20-3В	ЩМА-20 (БНД 60/90 – 3 % Butonal NS 198 – 6,2 %)	2,5	3,0	15,7
9.10-ЩМА-20-П	ЩМА-20 (Полігум – 5,9 %)	1,7	1,95	24,7
7.10-ЛА-15-П	Литий а/б ЛА-15 (Полігум – 8,0 %)	3,0	3,6	13,2

**Стійкість до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону.**

Суть методики полягає оцінці колієстійкості асфальтобетону в залежності від часу транспортування в кузові автомобіля асфальтобетонної суміші на об'єкті.

Як відомо з практики [14] на дальність перевезення асфальтобетонної суміші впливають так звані процеси сегрегації [14], які призводять до погіршення показник стійкості до накопичення залишкових деформацій у вигляді колії. Тому необхідно відбирати асфальтобетонні суміші з даного об'єкту і в лабораторних умовах виготовляти зразки – плити та випробовувати на показник стійкості до накопичення залишкових деформацій  $S_w^{експ}(t_p)$  при температурі 50 °С та еквівалентному розрахунковому навантаженні 57,5 кН на огумлене колесо при кількості проходів (N=20000) по одному сліду асфальтобетонного зразка-плити за методикою [14, 20]. Отримане значення необхідно оцінювати за показником коліестійкості асфальтобетону і перевіряють за умовою:

$$P_{S_w} < 1, \quad (4)$$

де  $P_{S_w}$  – коефіцієнт коліестійкості асфальтобетону, який визначається за залежністю (5).

Даний критерій (4) дозволяє оцінити коліестійкість асфальтобетону з урахуванням часу транспортування, якщо умова становить  $P_{S_w} > 1$  то такий асфальтобетон є не коліестійким, а покриття, яке влаштоване на даному автодорожньому мосту призведе до інтенсивного колієутворення від дії транспортних засобів та температури покриття понад 50 °С. Якщо умова становить  $P_{S_w} < 1$  то такий асфальтобетон є коліестійким і має підвищену довговічність. Рекомендовано для I, II категорії, значення не більше  $P_{S_w} = 0,8$ .

$$P_{S_w} = \frac{S_w^{експ}(t_p)}{S_w^H}, \quad (5)$$

де  $S_w^{експ}$  – експериментальне значення інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонних зразках, який залежить від часу транспортування і визначається за методикою [20];

$S_w^H$  – нормативне значення інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій у асфальтобетонних зразках приймається за залежністю (6)

$$S_w^H = w_H \cdot N_K \quad (6)$$

$N_K$  – кількість проходів навантаження після, яких знімається залишкова деформація за методикою [20] і приймається 10000.

Запропонований критерій (4) дозволить контролювати асфальтобетонну суміш на всіх об'єкта автодорожніх мостів за показником колієстійкості. Для забезпечення умови (4) необхідно забезпечувати однорідність суміші та температури за рахунок застосування перевантажувачів. Дана методика є ефективною для асфальтобетонів з вмістом щебеню понад 50%.

Визначення показника розшарування щебенево-мастикової суміші від термінів її зберігання і транспортування дозволить подовжити терміни служби покриття з щебенево-мастикового асфальтобетону на мостах завдяки усуненню таких дефектів, як бітумні плями, залишкові деформації у вигляді колії, зсуви, викришування, луцення і, як наслідок, збільшити міжремонтні терміни, що забезпечить значну економію фінансових і матеріальних ресурсів.

При влаштуванні покриття із щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші (ЩМАС) на мосту з метою забезпечення її однорідності, відстань та час транспортування повинні бути обмежені. Потрібно дотримуватись вимог до показника стікання  $E_p$  ЩМАС [3, 6, 14, 21] в залежності від часу транспортування за залежністю:

$$E_p(t_{Tp}) \leq E_{дон}(t_{Tp}), \quad (7)$$

де  $E_p$  – розрахунковий показник стікання, який залежить від часу транспортування ЩМАС і визначається за методикою [3, 6, 14, 21];

$E_{дон}(t_{Tp})$  – допустимий показник стікання, який приймають в залежності від часу транспортування в кузові автомобіля і визначається за експоненційною ( $R^2=0,95$ ) залежністю

$$E_{дон}(t_{Tp}) = B \cdot e^{-b \cdot t_{Tp}} \cdot \Delta_{накоп} \quad (8)$$

$B$  – нормативний показник стікання в'язучого з ЩМАС не повинен бути більший ніж 0,20 % за масою [14];

$b$  – коефіцієнти показника стікання, ( $b = 0,005$ );

$t_{Tp}$  – час транспортування суміші, хв;

$\Delta_{накоп}$  – коефіцієнт, який враховує час зберігання суміші в накопичувальному бункері на асфальтобетонному заводі, що рівний 1 при часі зберігання до 30 хв., а 0,8 при часі зберігання понад 30 хв.

Для забезпечення однорідності суміші за показником стікання, а саме методом статистичної обробки значень показника стікання в'язучого щибенево-мастикової асфальтобетонної суміші, який повинен бути не більше за нормативний показник стікання в'язучого  $B$  відповідно до [14]. Для цього відбирають 10 локальних проб сумішей в окремих місцях кузова автосамоскида вагою від 2 кг до 3 кг кожна.

Перед укладанням кожен автомобіль з асфальтобетонною сумішшю проходить візуальний контроль якості, де оцінюють рівномірність розподілу мінеральних частинок та в'язучого і колір. Додатково до цього, під час вивантаження, візуально оцінюють рухливість суміші, розшарування (за наявністю згустків в'язучого та його прилипання до кузова), а також її зручноукладальність при влаштуванні [3, 6].

Контроль температури асфальтобетонної суміші проводиться відповідно до методики [3, 6]. Середня температура ЩМАС у кузові автомобіля, в залежності від виду в'язучого, повинна бути не менше ніж мінімально допустиме значення температури на початку укладання даної суміші [3, 6, 14].

Зберігати та транспортувати модифіковані ЩМАС слід таким же чином як і традиційні асфальтобетонні суміші [3, 4, 6].

***Контролювання температури доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу.*** Перед завантаженням асфальтобетонної суміші в бункер асфальтоукладальника, потрібно перевірити її температуру. При перевірці температури асфальтобетонної суміші використовують: переносні контактні вимірювачі (термометри) зі щупами довжиною від 25 до 50 см для вимірювання температури всередині (ядрі) асфальтобетонної суміші; · безконтактні термометри для вимірювання температури на поверхні. Вимірювання температури проводиться в точках верхнього, середнього та нижнього поясів, а також в ядрі. Точки верхнього поясу знаходяться на поверхні асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля, точки середнього поясу знаходяться на глибині 20 см від поверхні асфальтобетонної суміші, точки нижнього поясу знаходяться на

глибині 50 см. Температура асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля орієнтовно визначається за формулою:

$$T = \frac{T_{\Pi} + T_{Я}}{2}, \quad (9)$$

де  $T_{\Pi}$  – температура на поверхні – середнє арифметичне значення температур в точках верхнього та середнього поясів (точки верхнього поясу знаходяться на поверхні, точки середнього поясу – на глибині 20 см);

$T_{Я}$  – температура ядра – середнє арифметичне значення температур в точках [3, 10] 25 нижнього поясу (в межах ядра, на глибині 50 см).

Завантаження асфальтобетонної суміші в бункер асфальтоукладальника дозволяється, якщо виконується умова:

$$T \geq T_{\text{поч.ущ}} \quad (10)$$

де  $T$  – температура асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля;

$T_{\text{поч.ущ}}$  – температура початку ущільнення асфальтобетонної суміші.

Якщо умова  $T \leq T_{\text{поч.ущ}}$  не виконується, то суміш бракується.

**Контролювання властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні.** Під час укладанні асфальтобетонної суміші контролюється неперервність і синхронність процесу влаштування шару. Ущільнення необхідно виконувати відразу після вкладання. Під час ущільнення контролюється температура його завершення. Ця температура встановлюється окремо для кожної суміші на основі визначення коефіцієнту ущільнення  $K_{\text{ущ}}$  зразків асфальтобетону, виготовлених із даної суміші в залежності від температури. За температуру завершення ущільнення приймається така температура, при якій досягається коефіцієнт ущільнення не менше нормативного значення (0,98).

Для встановлення температур, при яких асфальтобетонна суміш може бути ущільнена до необхідного рівня за коефіцієнтом ущільнення не менше мінімально допустимого значення згідно [3, 10], слід використовувати методику ущільнення асфальтобетонної суміші за допомогою лабораторного секторного

пресу згідно [2, 20]. Запроектowana асфальтобетонна суміш розігрівається до відповідних температур і ущільнюється на секторному пресі [2, 20]. Отримані зразки, що ущільнені при різних температурах, в орієнтовному діапазоні від 80 °С до 180 °С використовуються для визначення щільності та коефіцієнта ущільнення.

На основі цих даних будують графічну залежність коефіцієнту ущільнення асфальтобетону від його температури ущільнення  $K_{уц} = f(T)$ . За допомогою побудованої графічної залежності за схемою, що наведено в роботі [3, 10], встановлюють значення температури закінчення ущільнення  $T_{уц}^{зак}$  та значення максимально допустимої температури ущільнення  $T_{уц}^{max}$  і робочого діапазону температур при ущільненні:  $T_{уц}^{max} - T_{уц}^{зак}$

Мінімально допустиме значення коефіцієнта ущільнення асфальтобетону визначається за формулою:

$$[T]_{min}^{доп} = T_{уц}^{зак} + \Delta T, \quad (11)$$

де  $[T]_{min}^{доп}$  – мінімально допустима температура початку укладання;

$T_{уц}^{зак}$  – мінімально допустима температура закінчення ущільнення, визначається за експериментальною залежністю  $k_{уц} = f(T)$  згідно методики, наведеної [10];

$\Delta T$  – температурний інтервал, що забезпечує можливість укладання і ущільнення асфальтобетону до його охолодження нижче  $T_{уц}^{зак}$

При цьому температура асфальтобетонної суміші не повинна перевищувати її максимально допустиме значення для кожного конкретного виду в'язучого згідно з [4, 15] та не повинна бути більше максимально допустимого свого значення при ущільненні, що визначається за методикою [3, 4, 15].

Для зменшення втрат тепла асфальтобетонною сумішшю під час транспортування слід застосовувати великовантажні автомобілі вантажопідйомністю 25-40 тон з кузовами, що підігріваються газами двигунів, повітряним або масляним прошарком кузова, а також обов'язковим укриттям гарячої суміші тентами. При цьому для збереження температури асфальтобетонної суміші на автосамоскидах необхідно влаштовувати

повітряний прошарок між тентом та поверхнею суміші. Рух автомобільного транспорту при транспортуванні асфальтобетонної суміші необхідно організувати таким чином, щоб забезпечити безперервну роботу бригади з укладання суміші. Укладання асфальтобетонної суміші рекомендується виконувати асфальтоукладальниками, що обладнані подвійним трамбуєчим брусом та вигладжуючою віброплитою або трамбуєчим брусом, вигладжуючою віброплитою та гідравлічними пресувальними планками. Контроль якості ущільнення асфальтобетонних сумішей і якості асфальтобетону у покритті здійснюється шляхом відбору трьох кернів або вирубок з покриття, що передбачений [13], та їх випробовування [3, 4, 15].

У процесі випробування визначають: середню густину та водонасичення зразків-кернів або зразків, відокремлених від вирубки; середню густину, водонасичення, границю міцності при стиску за [3, 4, 15] температури 20 °С, коефіцієнт довготривалої водостійкості зразків, переформованих у лабораторії, показником колієстійкості за умовою (4).

### **Висновки**

1. Запропоновані особливості з проектування зернових складів асфальтобетонів з урахуванням показника стійкості до колієутворення.

2. В перше запропоновано проектувати зерновий склад асфальтобетону підвищеної стійкості до колієутворення з оптимізацією за показником розрахункового строку служби.

3. Пропонується метод оцінки однорідності від часу транспортування асфальтобетонної суміші в кузові автомобіля на об'єкт за показником стійкості до колії в асфальтобетоні.

4. Уточнено вимогу показника стікання у щебенево-мастиковій асфальтобетонній суміші за рахунок термінів її зберігання і транспортування.

5. З метою підвищення стійкості асфальтобетону до колії необхідно контролювати температуру доставленої на об'єкт суміші в кузові транспортного засобу та властивостей асфальтобетонної суміші при її укладанні та ущільненні.

### **Література**

1. Овчинников И.Г. Выбор оптимального решения конструкции дорожной одежды и технологии ее устройства на объектах мостового перехода у села Пристанное Саратовской области [Текст] / И. Г. Овчинников, В. Н. Макаров, О. Н. Распоров // Дороги России XXI века. - 2004. - № 2. - С. 66-72.

2. Мозговой В.В. Экспериментальная оценка устойчивости асфальтобетонного покрытия к образованию колеиности/ В.В. Мозговой, А.Н. Онищенко, О.В. Прудкий и др.// Дорожная техника. Санкт-Петербург-2010.С.114-128.

3. Онищенко А.М. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах: Монографія / Онищенко А.М., Кузьмінець М.П., Невінгловський В.Ф., Гаркуша М.В. - К.: НТУ, 2015.-334 с.

4. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7–119–2011. – [2012–10–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 37 с.

5. Рекомендації щодо підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття Р В.2.3-218-21476215-795:2011/ Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2011. – 42 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

6. ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001:2012. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон литі «Гусасфальт». Технічні умови.

7. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево–мастикові. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7–127:2015. – [Чинний від 2016–07–01]. – К.: Мінбуд України, 2015. – 28 с. – (Національний стандарт України).

8. Будівельні матеріали. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів : СОУ 45.2–00018112–057:2010 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2010. – 21 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

9. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7–135:2014. – [Чинний від 2015–04–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 23 с. – (Національний стандарт України).

10. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах : ГБН В.2.3–218–547:2010 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2011. – 22 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

11. Р. В.2.3–218-21476215- 222 :2011 рекомендації щодо застосування асфальтобетонних сумішей, армованих мікрволокнами.

12. Рекомендації з підвищення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на бетонних та залізобетонних основах : Р В.2.3–218–02070915–797:2011/ Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2012. – 14 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

13. ДСТУ Б В.2.7-XXX-2016 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань».



14. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США // Дорожная техника. Каталог-справочник. – 2007. – С. 26-40.

15. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови : ДСТУ 4044–2001. – [Чинний від 2002–01–01]. – К.: Держстандрт України, 2001. – 15 с. – (Національний стандарт України).

16. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон литі. Технічні умови : СОУ 42.1–37641918–106:2013. / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2013. – 14 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

17. ДМД 02191.2.051-2012 Рекомендации по подбору состава асфальтобетонных смесей по асфальтовязущему.

18. С.Е. Кравченко Особенности применения модифицирующих добавок при проектировании состава асфальтобетона / С.Е. Кравченко, Д.Г. Игошкин// Сборник статей и докладов ежегодной научной сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. М.: МАДИ, 20132. – 150-160 с.

19. Неволін Д.Г. Технология обеспечения автодорог на основе битумно-полимерных материалов : монографія / Д.Г. Неволин, Вл.Е. Кошкарров, Вас.Е. . Кошкарров. – Екатеринбург: УрГУПС, 2015.-135, с.

20. Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій : СОУ 45.2–00018112–020:2007 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2008. – 13 с. – (Нормативний документ Укравтодору).

21. Мозговий В.В. Підвищення однорідності щебенево-мастикової асфальтобетонної суміші / Мозговий В.В., Баран С.А., Ольховий Б.Ю.//Автомобільні дороги і дорожнє будівництво/ Вип. 96. – 2016. –С. 33-42.

**Рецензенти:**

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

Марчук О.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

**Reviewers:**

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

Marchuk A.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **04.06.2017 р.**