

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РЕМОНТІ
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ШАРАМИ ЦЕМЕНТОБЕТОННУ**

**JUSTIFICATION FOR THE BUILDING MATERIALS REQUIREMENTS IN THE ASPHALT
PAVEMENT REPAIR BY THE CEMENT CONCRETE LAYERS**



Савенко В'ячеслав Якович, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, E-mail: svi1310@ukr.net, тел. +380506572008.

<https://orcid.org/0000-0001-8174-7728>.



Биковець Микола Миколайович — аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. E-mail: mbykovec@gmail.com, тел. +380662373208.

<https://orcid.org/0000-0002-7490-7479>

Анотація. У даному науковому тексті розглядаються основні вимоги до складу цементобетонних сумішей для шарів покриття. Зокрема, зазначається, що для отримання високоміцного цементобетону слід застосовувати портландцемент типу I і II з вмістом трьохвалентного алюмінату (С3А) в кількості не більше 8% за масою. Для підвищення міцності бетону рекомендується додавати сталеву або поліпропіленову фібру. Крупним заповнювачем високоміцного модифікованого цементобетону може бути щебінь з щільних гірських порід. Для отримання високоміцного цементобетону також необхідно враховувати вимоги до пісків, повітровтягувальних добавок та розраховувати склад бетону відповідно до методології для дорожнього цементобетону. Забезпечення необхідної морозостійкості досягається за допомогою підбору оптимального складу бетонної суміші та використання високоактивних цементів. Крім того, в тексті наведено вимоги до транспортування бетонної суміші, осадки конуса, обсягу залученого повітря та збереженості властивостей бетону. Остаточні технологічні властивості бетонної суміші оцінюються на стадії проектування суміші.

Ключові слова: покриття, цементобетонна суміш, бетон, портландцемент, заповнювач, щебінь, пластифікуючі добавки, морозостійкість.

Основна частина

Для шарів покриття при ремонті дорожнього одягу асфальтобетонного покриття шарами цементобетону в якості в'язучого застосовують портландцемент відповідно вимогам ДСТУ Б.В.2.7 – 43, ДСТУ Б.В.2.7 – 176, ДСТУ Б.В.2.7 – 46.

Для приготування цементобетонних сумішей для шарів покриття необхідно застосовувати портландцемент типу I і II, на основі клінкеру нормованого складу, згідно з ДСТУ Б В.2.7-46, з вмістом трьохкальцієвого алюмінату (C_3A) в кількості не більше ніж 8 % за масою, а в Європі і США – 5 %. В європейському стандарті такий цемент відсутній, але при вирішенні задачі вибору цементу для виробництва відповідальних конструкцій може бути використаний цемент EN 197-1 CEM I 42,5R-SR5. В Україні даний цемент не випускають, тому необхідно налагодити його виробництво на декількох цементних заводах для забезпечення задовільної логістики.

Загальний зміст лужних оксидів у цементі для бетону в шарах покриттяу перерахуванні на Na_2O не повинен перевищувати 0,8 % за масою, згідно з ДСТУ Б.В.2.7-46.

Початок тужавіння цементу повинно бути не раніше ніж за 2 години, а закінчення – не пізніше 6 годин. Слід відмітити, що в EN 197-1 відсутні вимоги до міцності на розтяг при згині цементів.

Найбільш суттєва відмінність європейського стандарту від національного ДСТУ Б В.2.7-46, це те що у стандарті EN 197-1 введено статистичний критерій відповідності, який конкретизує міру постійності механічних, фізичних та хімічних властивостей цементу. У Технічному Регламенті ЄС № 305/2011 від 09.03.2011 за статтею 29 законодавчо закріплено, що в обов'язки виробника входить забезпечення стабільності технічних характеристик будівельних матеріалів.

Для приготування цементобетонних сумішей як крупний заповнювач слід використовувати щебінь з природного каменю, гравій, щебінь з гравію, щебінь з шлаків, а також щебінь із вміщуючих гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176, ДСТУ Б В.2.7-75, ДСТУ Б В.2.7-34, ДСТУ Б В.2.7-39.

Найбільша крупність заповнювача для одношарових покриттів автомобільних доріг повинна становити 40 мм, а для верхнього шару двошарових покриттів – 20 мм.

Крупний заповнювач для бетону шару підсилення слід оцінювати за зерновим складом, щільності, міцності, вмісту зерен слабких порід, зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми, водопоглинання, морозостійкості, вмістом пиловидних, глинистих і мулистих часток, глини в грудках, мінерало-петрографічним складом, змісту шкідливих компонентів і домішок, в тому числі, за вмістом реакційно-здатних порід і мінералів, згідно з ДСТУ Б В.2.7-43.

Вміст в крупному заповнювачі зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми не повинно перевищувати 25% за масою.

Фізико-механічні випробування крупного заповнювачу для бетону проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97).

У бетоні шару підсилення слід застосовувати щебінь фракцій 5-10 мм і 10-20 мм, який дозується окремо.

Оптимальне співвідношення між фракціями щебеню (в межах ДСТУ Б В.2.7-43-96) визначають при підборі складу бетону.

Допускається застосування щебеню у вигляді однієї фракції 5-20 мм при фактичному співвідношенні складових його фракцій 5-10 мм і 10-20 мм в межах вимог ДСТУ Б В.2.7-43.

Для приготування цементобетонних сумішей для шарів дорожнього покриття в якості дрібного заповнювача слід використовувати пісок природній, пісок подрібнений і пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176, які відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-32, ДСТУ Б В.2.7-210 за зерновим складом, вмістом пиловатих і глинистих частинок, модулем крупності, показником водопоглинання.

При можливості, перевагу слід віддавати природним кварцево-польовошпатовим піскам першого класу з модулем крупності $M_{кр}$, рівним 1,8 - 2,2, в силу їх сприятливого впливу на повітровтягування бетонної суміші і на обробку (обробку поверхні) свіжеукладеного цементобетону.

Вода для замішування бетонної суміші і приготування розчинів хімічних добавок повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-273, ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176 (ГОСТ 23732).

Для приготування цементобетонних сумішей слід використовувати хімічні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171 та мінеральні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-128.

Пластифікуючі добавки і суперпластифікатори слід застосовувати для зниження водопотреби бетонної суміші при збереженні її технологічних властивостей.

Повітровтягувальні або газоутворюючі добавки слід застосовувати для отримання необхідного обсягу залученого повітря або газу в бетонній суміші у вигляді відповідних дрібнодисперсних, рівномірно розподілених пухирців (діаметром до 0,3 мм).

Застосування повітровтягувальної або газоутворюючої добавки є необхідною умовою досягнення високої морозостійкості бетону і є обов'язковим для бетону шару підсилення (ДСТУ Б В.2.7-43-96).

Оптимальний вміст хімічних добавок повинен бути визначений при підборі складу цементобетонної суміші з урахуванням властивостей конкретних матеріалів і прийнятої технології проведення робіт та забезпечення необхідних властивостей суміші на місці бетонування. Рекомендується використовувати добавки типу «ШАГ», яка є сумішшю (комплексами) органічних та неорганічних речовин. Характеристика таких добавок наведена в табл.1.

Таблиця 1 – Характеристики добавок для цементобетону типу «ШАГ»
Table 1 - Characteristics of additives for “SHAG” type cement concrete

ч/ч	Назва показника	Значення показника для добавки типу	
		ШАГ ПА SP-1М	ШАГ ПА SR-3М
1	2	3	4
2	Однорідність	Однорідна рідина без сторонніх включень, допустимий осад	Однорідна рідина без сторонніх включень, допустимий осад
3	Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого	Від світло-коричневого до темно-коричневого
4	Запах	Слабко виражений (поліакрилату)	Слабко виражений (поліакрилату)
5	Ефективний компонент	Поліакрилат	Поліакрилат
6	Відносна густина	1,09 ± 0,05	1,1 ± 0,05
7	Вміст сухої речовини, % за масою	32,0 ± 0,5	27,0 ± 0,5
8	Водневий показник, рН	7,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0
9	Розчинний у воді хлорид (Cl ⁻), % за масою	Не вище 0,1	Не вище 0,1
10	Вміст лугу (Na ₂ O еквівалент), % за масою	Не вище 2,0	Не вище 2,0

Для виготовлення добавок слід використовувати сировинні матеріали, які наведені у ТУ У В.2.7-20.5-38564866-001, за наявності документа про якість і санітарно-гігієнічного висновку.

Для збільшення міцності бетону на розтяг при згині, зниження усадочних деформацій, підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, міцності на осьовий розтяг до складу бетонної суміші рекомендується вводити сталеву або поліпропіленову фібру.

Як крупний заповнювач високоміцного модифікованого цементобетону застосовують щебінь з щільних гірських порід згідно з ДСТУ Б В.2.7-75-98 кубовидної форми, марки по подрібнюваності не нижче 1200.

Для високоміцного модифікованого цементобетону застосовують піски природні середні з модулем крупності M_k від 2,0 до 2,5 і великі з модулем крупності M_k від 2,5 до 3,0, а також піски з відсіву дроблення згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95. Не допускається наявність в піску органічних домішок, а зміст пилювато-глинистих частинок не повинен перевищувати 3 %.

Для високоміцного модифікованого бетону застосовують модифікатор бетону (наприклад, МБ 10-01), який являє собою тонкодисперсний порошок мікрокремнезему, частинки якого покриті затверділою плівкою з молекул суперпластифікатора С-3. Кількість суперпластифікатора С-3 у складі модифікатора бетону становить 10% від маси мікрокремнезему. Модифікатор бетону вводять в бетонну суміш в кількості від 10% до 15% від маси цементу.

Для забезпечення високої морозостійкості бетону в бетонну суміш вводять повітровтягувальну добавку (наприклад, СНО) в кількості від 0,015% до 0,03% від маси цементу разом з водою замішування.

Для приготування цементобетонних сумішей слід використовувати хімічні добавки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171, та мінеральні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-128.

Для влаштування шарів посилення рекомендується застосовувати високоміцні швидкотверднучі бетони відповідно до класифікації ДСТУ Б В.2.7-221:2009, які володіють високою морозостійкістю і забезпечують великий опір розтягу при згині. Мінімальні вимоги до високоміцного модифікованого бетону наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Вимоги до високоміцного модифікованого бетону
Table 2 – Requirements for high-strength modified concrete

Показник	Величина показника	Примітка
1	2	3
Марка бетону по морозостійкості	F 150	Випробування бетону по 3-му методу згідно з ДСТУ Б В.2.7-48-96 та ДСТУ Б В.2.7-47-96
Клас (Марка) бетону по міцності на стиск	B 60 (M 800)	Випробування і контроль міцності згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Визначає зносостійкість покриття, стійкість проти продавлювання, сколювання, час нарізки швів

Продовження таблиці 2
Continuation of table 2

Показник	Величина показника	Примітка
1	2	3
Клас (Марка) бетону по міцності на розтяг при згині	Btb 6,4 (Ptb 80)	Випробування і контроль міцності згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Визначає товщину покриття і міцність конструкції
Водо-цементне відношення	Не більше 0,4	Визначає міцність і морозостійкість бетону
Наявність повітровтягувальних добавок, кількість %	Так	Вимога до повітровтягувальної добавки СНВ зазначено в ДСТУ Б В.2.7-43-96, Хімічні добавки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171.
Об'єм залученого в бетонну суміш повітря, %	5-6	Вимога зазначена в ДСТУ Б В.2.7-43-96, ДБН 2.3.4-5
Наявність пластифікуючих добавок	Так	Вимога зазначена в ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171.
Марка за легкоукладальністю, рухливість бетонної суміші, см	П1-П2	Вимога зазначена в ДСТУ Б В.2.7-96.
Наявність модифікуючих добавок	Так	Кількість модифікаторів і їх тип визначають у лабораторних умовах в залежності від вимог проекту

Високоміцний модифікований бетон володіє раннім набором міцності. У віці 1 добу міцність бетону на розтяг при згині досягає 5,5 МПа, яке відповідає класу бетону B_{tb} 4,0, а міцність при стиску – 52 МПа (клас бетону В40). У віці 28 діб міцність бетону на розтяг при згині становить від 8,0 до 9,0 МПа, а міцність при стиску – від 80 до 100 МПа.

Проектування складу високоміцного дорожнього цементобетону виконується відповідно до методології, аналогічної для дорожнього цементобетону звичайної міцності.

При підборі складу високоміцного цементобетону при однаковій марці цементу М500 вирішальне значення має марка цементу на розтяг при згині R_u^u ($R_u^u \geq 6,0$ Н/мм² (МПа)).

При проектуванні складу цементобетону потрібно враховувати, що високоміцні дорожні цементобетони можуть бути одержані за рахунок підвищення міцності цементного каменя.

Для отримання високоміцного дорожнього цементобетону необхідно:

- здійснити підбір оптимального складу цементобетонної суміші;
- застосування високоактивних (на розтяг при згині $R_u^u \geq 6,0$ Н/мм²) цементів;
- шляхом підбору досягати зменшення В/Ц;
- шляхом підбору досягати зменшення капілярної пористості до 1,5 %;
- застосування ефективних комплексів суперпластифікаторів з повітровтягуючими та/або газовиділяючими добавками з водоредукуючим ефектом більше 25 %, збереженням легкоукладальності цементобетонної суміші не менше ніж (60 – 120) хв. при збереженні кількості залученого повітря;
- досягати оптимального коефіцієнта розсунення зерен (k_p).

На даний час поширення набули два методи підбору складу цементобетону.

Згідно нормативного методу (ДСТУ Б В.2.7-215, ДСТУ-Н Б В.2.7-299) орієнтовне значення В/Ц для отримання середнього рівня міцності цементобетону на розтяг при згині визначають по наступній залежності:

$$B/Ц = \frac{0,34 \cdot R_y}{R_b + 0,034 \cdot R_y}, \quad (1)$$

де: R_y – границя міцності цементу на розтяг при згині, яка визначається експериментально, Н/мм²;

R_b – середній рівень міцності на розтяг при згині цементобетону $R_b \geq 5,5$ Н/мм² (МПа).

Середній об'єм залученого повітря для розрахунку приймається 50 л/м³.

При застосуванні хімічної добавки вміст води визначають за формулою:

$$B = \frac{K_{н.г.} \cdot k_o^2 \cdot Ц \cdot H_r + B_n \cdot \gamma^n (V_p^1 - Ц / \gamma^n) + B_{ц}}{1 + 0,001 \cdot B_{п} \cdot \gamma^n} \quad (2)$$

де: $k_o = \frac{H_z^1}{H_z}$ – коефіцієнт ефективності добавки;

H_z^1 – нормальна густина цементного тіста із застосуванням хімічної добавки;

H_z – нормальна густина цементного тіста без застосування хімічної добавки.

Уточнену кількість води необхідно обчислювати за формулою:

$$B = B + \frac{B_o}{\gamma_o} - B_{ц}, \quad (3)$$

де: γ_o – щільність добавки, кг/м³;

$B_{ц}$ – потреба води на змочування поверхні зерен щебеню, визначається по формулі:

$$B_{ц} = 0,014 \cdot Ш_{2-5} + 0,008 \cdot Ш_{5-10} + 0,005 \cdot Ш_{10-20} + 0,003 \cdot Ш_{20-40}, \quad (4)$$

де: $Ш_{2-5}$, $Ш_{5-10}$, $Ш_{10-20}$, $Ш_{20-40}$ – вагова витрата щебеню відповідно фр. 2 - 5 мм, фр. 5 - 10 мм, фр. 10 - 20 мм, фр. 20 - 40 мм на 1 м³ віброущільненого цементобетону, кг.

З умов отримання матеріалу з максимальною міцністю на розтяг при згині повинно визначатися в залежності від щільності щебеню у віброваному стані, яке залежить від вмісту голчастих та лещадних фракцій.

Найбільш щільна упаковка залежить також від модуля крупності піску та його щільності у віброваному стані з урахуванням фракції 0,315 – 0,63. Після встановлення оптимального співвідношення Ш/П в контрольному складі підбирається витрата добавки із урахуванням повітря (газо) втягувальних компонентів. Це дає раціональну структуру пір (розподіл втягнутого повітря (газу) в основному в об'ємі розчинної частини. Що надає зменшення дефектів в цементному камені (мінімальний вміст повітря навколо крупного заповнювача).

Все це збільшує однорідність і відповідно морозостійкість бетону, а разом зі збільшенням міцності на розтяг при згині та зменшенням модуля пружності забезпечує довговічність цементобетону в покритті.

Структура, в'язкість добавки і правильний підбір складу (упаковка) бетонної суміші дають змогу розподілити бульбашки повітря (газу) в розчинній частині бетонної суміші і укладеного цементобетону і зводить до мінімуму розподіл бульбашок повітря біля крупного заповнювача, тобто зменшується

структура дефектів (рис. 1). Зменшення структури дефектів призводить до збільшення міцності на розтяг при згині, морозостійкості і водонепроникливості, зменшення капілярної пористості $\leq 1,5\%$. Це дає можливість зменшити кількість повітря при застосуванні повітровтягуючих добавок до 4,0 – 4,5 % або газоутворюючих – 2,8 – 3,5 % при морозостійкості F300 (при випробуванні за II-м прискореним методом ДСТУ Б В.2.7-47).

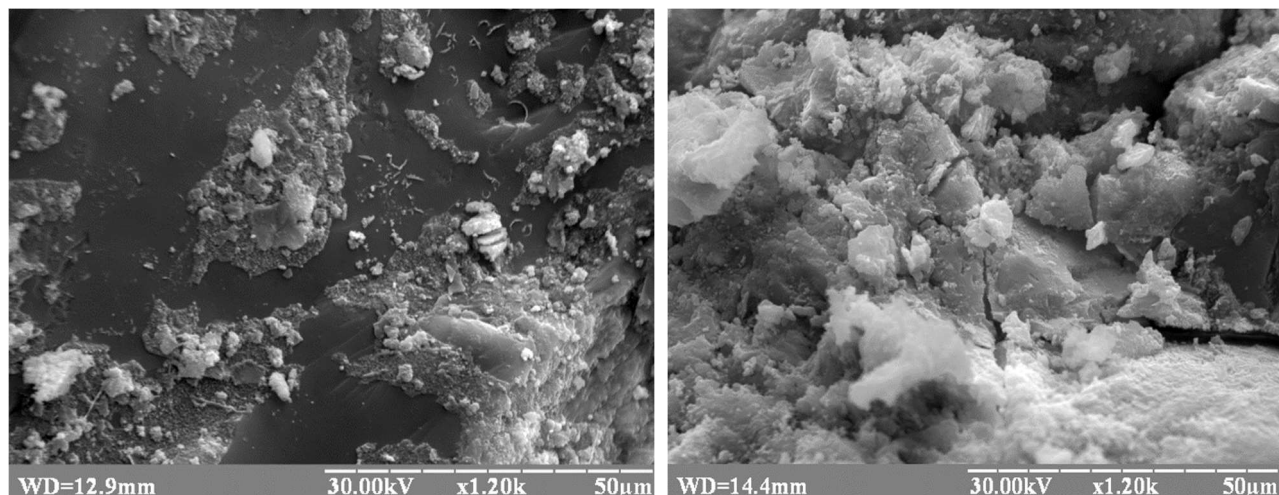


Рисунок 1 – Електронні мікрофотографії поверхні сколку штучного каменю контрольного складу (а) та з добавкою ШАГ в кількості 1,1 % (б) на 28 добу твердіння в нормальних умовах. Збільшення x1200.

Figure 1 – Electron microphotographs of the surface of the control composition artificial stone chip (a) and with the addition of 1.1% “SHAG” (b) on the 28th day of hardening under normal conditions. Magnification x1200.

Нормативні марки за морозостійкістю повинні використовуватися тільки при підборі складу цементобетону, контролі його якості в процесі будівництва і прийманні цементобетонного покриття в експлуатацію.

При випробуванні дорожнього цементобетону на морозостійкість найкращі результати отримано при вмісту піску $r = 0,37 - 0,42$.

У табл. 3 та 4 наведено склади малорухливих та пластичних цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ковзної опалубки та ущільнення віброрейкою.

Таблиця 3 – Склади малорухливих цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ковзної опалубки.

Table 3 – Compositions of low-mobility cement-concrete mixtures for the cement-concrete pavements installation with sliding formwork technology

Найменування	П1 B40 F200 W6	П1 B45 F200 W6	П1 B50 F200 W6
1	2	3	4
Цемент, кг	340	365	390

Найменування	П1 В40 F200 W6	П1 В45 F200 W6	П1 В50 F200 W6
1	2	3	4
Пісок річковий, кг	180	170	165
Пісок кар'єру Вознесенський, кг	530	520	495
Щебінь 10-20, кг	615	615	618
Щебінь 5-10 / Щебінь 2-5, кг	410 / 205	410 / 205	410 / 208
Вода, л	128	129	130
Добавка пластифікатор, % / кг	1,03 / 3,5 кг.	1,03 / 3,8 кг.	1,03 / 4,0 кг.
Кількість залученого повітря, %	5,7	5,4	5,1
Міцність на стиск, МПа			
3 доба	30,2	34,2	38,1
7 доба	42,5	47,7	53,0
28 доба	54,9	61,0	66,3

Таблиця 4 – Склади пластичних цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ущільнення віброрейкою.

Table 4 – Compositions of plastic cement-concrete mixtures for the cement-concrete pavements installation with the vibro-rail compaction technology

Найменування	П4 В40 F200 W6	П4 В45 F200 W6	П4 В50 F200 W6	П4 В55 F200 W6
1	2	3	4	5
Цемент, кг	365	390	415	440
Пісок річковий, кг	170	160	155	150
Пісок Вознесенський, кг	510	490	475	460
Щебінь 10-20, кг	600	600	600	600
Щебінь 5-10 / Щебінь 2-5, кг	400 / 200	400 / 200	400 / 200	400 / 200
Вода, л	143	145	146	146
Добавка пластифікатор,%	0,8 / 2,9	0,8 / 3,1	0,8 / 3,3	0,8 / 3,5
Кількість залученого повітря,%	5,9	5,5	5,2	4,9
Міцність на стиск, МПа				
3 доба	22,5	26,0	28,7	32,3
7 доба	37,2	43,1	48,0	52,8
28 доба	53,9	61,2	66,7	73,6

Бетонна суміш повинна мати підібраний зерновий склад, достатню легкоукладальність, які забезпечують одержання рівної і замкненої поверхні покриття при заданій рухомості або жорсткості. Вона не повинна розшаровуватись під час транспортування і при розподіленні по основі.

Легкоукладальність бетонної суміші залежить від обраного устаткування для її приготування, комплекту бетоноукладального обладнання, та обраної технології транспортування, укладання і ущільнення. Марка за рухомістю чи жорсткістю бетонної суміші повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96 і цих Методичних рекомендацій.

Для влаштування шару підсилення з цементобетону забезпечуються належні прийнятої технології бетонних робіт властивості суміші на місці бетонування (з урахуванням часу транспортування бетонної суміші і необхідних технологічних перерв).

При рухомості 3-5 см або жорсткості 3-5 с як вказано в ДСТУ Б В.2.7-96 неможливо ущільнити бетонну суміш без застосування машин.

Бетонні суміші, які укладаються із використанням віброущільнення, повинні мати рухомість на місці укладання (ОК) від 1 см до 4 см і жорсткість (Ж) від 3 с до 8 с.

Бетонна суміш для шару підсилення асфальтобетонних покриттів, яка влаштовується в ковзній опалубці, повинна характеризуватися маркою П1-П-2 по легкоукладальності згідно з ДСТУ Б В.2.7-96 і потрібним обсягом залученого повітря згідно з ДСТУ Б В.2.7-43-96.

Показники легкоукладальності бетонної суміші (осідання стандартного конуса, ОК) і обсяг залученого повітря визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-114. Бетонна суміш марки П1 характеризується величиною ОК = 1-4 см.

Бетонна суміш для шару підсилення повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96 за показниками розшаровуваності (по водовідділенню) і розчиновідділенню згідно з ДСТУ Б В.2.7-114-2002 і забезпечувати можливість механізованої обробки поверхні свіжеукладеного покриття.

При використанні цементобетонних сумішей з сучасними хімічними та мінеральними добавками і засобів малої механізації (віброрейки, площадкові вібратори, глибинні вібратори) дозволяється застосовувати рухомі суміші з ОК = (5 - 9) см та високорухомі та литі суміші з ОК = (16 - 22) см згідно з ДСТУ Б В.2.7-96.

Вказані обмеження не стосуються без вібраційного укладання бетонної суміші, зокрема при використанні литих цементобетонних сумішей (ОК більше ніж 16 см). Для досягнення необхідного осідання конусу слід використовувати суперпластифікатори, які забезпечують збільшення рухомості бетонної суміші основного складу відносно показника рухомості контрольної суміші від P1 до (P4 - P5) згідно з ДСТУ Б В.2.7-96-2000 або S1 -S4 ДСТУ EN 206-1:2000, EN 12350-2.

Для забезпечення необхідної морозостійкості дорожнього цементобетону до бетонних сумішей висувають вимоги, які регламентують їх водоцементне відношення (В/Ц) і вміст втягнутого повітря (V_n).

Час транспортування бетонної суміші в автомобілі-самоскиді не повинно перевищувати 30 хвилин при температурі повітря від плюс 20 °С до плюс 30 °С і 1 годину при температурі повітря менше плюс 20 °С (ДБН Б В 2.3-4). При застосуванні модифікаторів і пластифікуючих добавок час транспортування може варіюватися в більш широкому діапазоні.

З урахуванням втрати легкоукладальності бетонної суміші під час транспортування і технологічних перерв, на цементобетонному заводі величина осадки конуса повинна бути більшою, ніж на укладанні на 1-3см.

З урахуванням втрати залученого повітря бетонної суміші під час транспортування і технологічних перерв, величина її обсягу на цементобетонному заводі повинна бути більшою, ніж потрібно на укладанні на 1-2 %.

Показники збереженості властивостей бетонної суміші в часі (ДСТУ Б В.2.7-96) слід визначати для конкретного складу бетону покриття на стадії його підбору.

Величина щільності бетонної суміші на цементобетонному заводі повинна відповідати даним підбору складу бетону з урахуванням фактичного обсягу залученого повітря в суміші і її зберігання.

Остаточні технологічні властивості бетонної суміші оцінюють на стадії пробного бетонування.

Для влаштування цементобетонних шарів посилення застосовують важкий бетон, фібробетон і високоміцний модифікований бетон. Для методу «наращування» застосовують бетони і фібробетони. Для методу «зрощування» - високоміцні модифіковані бетони та фібробетони.

Важкий цементобетон дорожнього покриття та основи повинен задовольняти вимогам ДБН Б В 2.3-4, ДСТУ Б В.2.7-43, а також згідно з ДСТУ Б В.2.7-176.

Для конкретного об'єкту вимоги до цементобетону встановлюються проектом в залежності від призначення та умов роботи.

Порівняння норм до цементобетону для дорожнього покриття (І категорія) в Україні та європейських країн наведено в табл. 5.

Мінімальна міцність бетону на стиск повинна становити $B = 30$ МПа ($M = 400$), а мінімальна міцність бетону на розтяг при згині $B_{тб} = 4,0$ МПа ($R_{тб} = 50$) згідно ДБН В .2.3-4.

Морозостійкість бетону покриття повинна відповідати F 100-150 в залежності від температури повітря найхолоднішого місяця. Але така марка морозостійкості недостатня, щоб забезпечити довговічність дорожнього цементобетону, тому мінімальна марка за морозостійкістю для регіонів України повинна бути не менше ніж F200. Слід відмітити про відсутність в нормативних документах ЕС і США вимоги щодо морозостійкості цементобетону для покриття доріг. Проте в EN 206-1 введено показник якості цементобетону в залежності від середовища експлуатації і виду корозії – XD3, XF3-XF4.

Марку бетону шару підсилення по морозостійкості слід призначати не менше F200 при випробуванні по другому базовому методу ДСТУ Б В.2.7-49 для всіх кліматичних умов району будівництва і для автомобільних доріг всіх категорій.

Необхідна морозостійкість цементобетону забезпечується обов'язковим застосуванням повітровтягуючих добавок, а також пластифікуючих, або пластифікуючо-повітровтягуючих добавок, застосуванням заповнювачів згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, проектуванням складу бетонної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-215, дотриманням правил приготування, транспортування, розподілення та ущільнення суміші, а також своєчасним і ефективним доглядом за бетоном протягом строку його твердіння.

Випробування бетону на міцність, морозостійкість, а також, при необхідності на стиранисть і водонепроникність, проводяться до початку будівництва під час підбору складу бетону на матеріалах, які будуть використовуватись при будівництві.

Для підвищення міцності, морозо- і корозійної стійкості бетону, у тому числі проти спільної дії розчинів хлористих солей, які застосовуються для боротьби із зимовою слизькістю, а також для покращення технологічних властивостей бетонної суміші повинні застосовуватись добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-171, ДСТУ-Н Б В.2.7-175 та інструкцій щодо їх застосування у відповідності з вказівками нормативних документів.

Таблиця 5 – Порівняння вітчизняних і європейських вимог до цементобетону для покриття доріг.

Table 5 – Comparison of domestic and European cement-concrete materials for road pavements requirements.

Показники	Вимоги	
	ДБН В.2.3-4	EN 206-1
1	2	3
Марка цементу	M 500	ЦЕМ I 52,5 Н
Водоцементне співвідношення	$\leq 0,5$	$\leq 0,4$
Вміст залученого повітря в суміші, %	$\leq 7\%$	4 - 7
Клас міцності при стиску	B35	52,5 Н
Клас міцності розтягу при згині	4,4	6,5
Морозостійкість	$\geq F 200$	-
Стирання, г/см ³	$\leq 0,7$	-

На момент відкриття руху будівельного транспорту по цементобетонному шарі посилення міцність бетону повинна складати не менше 70% величини його необхідної міцності (величини R_r за ГОСТ 53231, визначеної при підборі складу бетону). Для визначення міцності цементобетону у готовому покритті або шарі основи відбирають не менше ніж три керни з одного погонного кілометра та випробовують їх згідно з ДСТУ Б.В.2.6-7.

Визначення міцності цементобетону у готовому покритті не руйнівним ультразвуковим методом слід проводити згідно ДСТУ Б В 2.7-226. Цим методом дозволяється випробовувати цементобетонні покриття будь-якої довжини, але не менше ніж 1 км.

Марку цементобетону за морозостійкістю для дорожнього покриття необхідно визначати при заморожуванні та відтаванні в 5 %-му розчині хлористого натру згідно з ДСТУ Б.В.2.7-47 і ДСТУ Б.В.2.7-49. Марки цементобетону для дорожніх покриттів та основ за морозостійкістю наведені у таблиці А.2 ГБН В.2.3-37641918-557.

Перелік посилань

1. Шургая А.Г., Чиженко Н.П. Высокопрочный бетон в дорожном строительстве (теоретические аспекты) // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 96. – К.: НТУ, 2016. – С. 43 - 49.

2. Саканделидзе А.А. Новый способ рационального проектирования высокопрочных бетонов марок 500-1000. – Тбилиси, 1978.

3. Радовский Б.С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США : новые тенденции / Б. С. Радовский // Дорожная техника : каталог-справочник. – СПб. : ООО «Славутич», 2010. – С. 62–70.

4. Богданович С. В. Бетон : дороже, но дешевле : [о строительстве второй Минской кольцевой автодороги : беседа со специалистами БелдорНИИ] / С. В. Богданович, В. В. Киселев // Транспортный вестник. – Минск, 2014. – № 39. – С. 8–9.

5. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ДМД 02191.2.005-2006. – Минск, 2006. – 59с.

6. Guide to Concrete Overlays, Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements. Third Edition, May 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Dale Harrington, Gary Fick, 145 p.

JUSTIFICATION FOR THE BUILDING MATERIALS REQUIREMENTS IN THE ASPHALT PAVEMENT REPAIR BY THE CEMENT CONCRETE LAYERS

Savenko Vyacheslav Ya., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University, E-mail: svi1310@ukr.net, tel. +380506572008.

<https://orcid.org/0000-0001-8174-7728>.

Bykovets Mykola M., Graduate student of the Transport Construction and Property Management Department of the National Transport University. E-mail: mbykovec@gmail.com, tel. +380662373208.

<https://orcid.org/0000-0002-7490-7479>

Abstract. This scientific text examines the main requirements for the composition of cement-concrete mixtures for pavement layers. In particular, it is noted that to obtain high-strength cement concrete, type I and II Portland cement should be used with the content of tricalcium aluminate (C3A) in an amount of no more than 8% by weight. To increase the strength of concrete, it is recommended to add steel or polypropylene fiber. Coarse aggregate of high-strength modified cement concrete can be crushed stone from dense rocks. To obtain high-strength cement concrete, it is also necessary to take into account the requirements for sand, and entraining additives and calculate the composition of concrete in accordance with the methodology for road cement concrete. Ensuring the necessary frost resistance is achieved by selecting the optimal composition of the concrete mixture and using highly active cement. In addition, the text specifies the requirements for the

transportation of the concrete mixture, the slump of the cone, the volume of entrained air, and the preservation of concrete properties. The final technological properties of the concrete mixture are evaluated at the design stage.

Key words: pavement, cement-concrete mixture, concrete, Portland cement, aggregate, crushed stone, plasticizing additives, frost resistance.

References

1. Shurhaya A.H., Chyzhenko N.P. Vysokoprochnyy beton v dorozhnom stroitel'stve (teoretycheskiye aspekty) // Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo: Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 96. – K.: NTU, 2016. – S. 43 - 49.
2. Sakandelidze A.A. Novyy sposob ratsional'nogo proyektirovaniya vysokoprochnykh betonov marok 500-1000. – Tbilisi, 1978.
3. Radovskiy B.S. Stroitel'stvo dorog s tsementobetonnyimi pokrytiyami v SSHA : novyye tendentsii / B. S. Radovskiy // Dorozhnaya tekhnika : katalog-spravochnik. – SPb. : OOO «Slavutich», 2010. – S. 62–70.
4. Bogdanovich S. V. Beton : dorozhe, no deshevle : [o stroitel'stve vtoroy Minskoy kol'tsevoy avtodorogi : beseda so spetsialistami BeldorNII] / S. V. Bogdanovich, V. V. Kiselev // Transportnyy vestnik. –Minsk, 2014. – № 39. – S. 8–9.
5. Metodicheskiye rekomendatsii po remontu tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog: DMD 02191.2.005-2006. – Minsk, 2006. – 59s.
6. Guide to Concrete Overlays, Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements. Third Edition, May 2014. National Concrete Pavement Technology Center, Dale Harrington, Gary Fick, 145 p.

Надійшла до редакції 24.05.2023.