

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ
(УКРАВТОДОР)**

**Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна
(ДП «ДерждорНДІ»)**

РЕКОМЕНДОВАНО

Науковою радою Державного
агентства автомобільних доріг
України

Протокол від “__” _____ 201_р. № __

РЕКОМЕНДОВАНО

Науково-технічною радою
ДП «ДерждорНДІ»

Протокол від “__” _____ 201_р. № __

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**З ПРОЕКТУВАННЯ ШАРІВ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ**

МР В.2.3–37641918-882:201X

(перша редакція)

ПОГОДЖЕНО

Директор Департаменту розвитку
мережі доріг Укравтодору

_____ С.Ю. Цепелєв

«__» _____ 201_р.

Начальник Відділу інноваційного
розвитку Укравтодору

_____ А.О. Цинка

«__» _____ 201_р.

РОЗРОБЛЕНО

В.о. директора ДП «ДерждорНДІ»

_____ В.К. Вирожемський

«__» _____ 201_р.

Київ
201X

Продовження титульного аркуша на наступній сторінці

ПОГОДЖЕНО

Начальник відділу стандартизації та метрології ДП «ДерждорНДІ»

_____ М.М. Стулій
« ____ » _____ 20__р.

РОЗРОБЛЕНО

Науковий керівник,
завідувач відділу конструкцій
дорожнього одягу

_____ С.К. Головка
« ____ » _____ 201__р.

Відповідальний виконавець,
пров. наук. співр.

_____ Т.А. Терещенко
« ____ » _____ 201__р.

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування.....	5
2 Нормативні посилання.....	5
3 Терміни та визначення понять.....	7
4 Позначки та скорочення.....	8
5 Загальні положення.....	9
6 Класифікація матеріалів подрібненого цементобетону.....	12
7 Вимоги до матеріалів подрібненого цементобетону.....	13
7.1 Щебінь з подрібненого цементобетону.....	13
7.2 Пісок з відсівів подрібненого цементобетону.....	17
7.3 Суміші з використанням щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону.....	17
7.3.1 Суміші для влаштування неукріплених шарів дорожнього одягу.....	17
7.3.2 Суміші для влаштування шарів дорожнього одягу, укріплених цементом.....	20
7.4 Маломіцні матеріали подрібненого цементобетону.....	23
8 Вимоги до проектування дорожнього одягу з використанням матеріалів подрібненого цементобетону в неукріплених шарах.....	24
8.1 Принципи конструювання.....	24
8.2 Особливості розрахунку жорстких дорожніх одягів.....	27
8.3 Особливості розрахунку нежорстких дорожніх одягів.....	30
9 Вимоги до проектування дорожнього одягу з використанням матеріалів подрібненого цементобетону в шарах, укріплених цементом	30
9.1 Принципи конструювання.....	30
9.2 Особливості розрахунку дорожніх одягів.....	32

10	Особливості проектування дорожнього одягу з використанням кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону в бетонних шарах.....	34
	Додаток А (обов'язковий) Виготовлення, складування та випробування матеріалів подрібненого цементобетону.....	37
	А.1 Виготовлення та складування.....	37
	А.2 Відбирання проб та проведення випробувань.....	40
	Додаток Б (довідковий) Технічні характеристики обладнання для виготовлення матеріалів подрібненого цементобетону.....	42
	Додаток В (довідковий) Бібліографія.....	45

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Ці методичні рекомендації встановлюють загальні положення щодо проектування жорстких та нежорстких дорожніх одягів при відповідному застосуванні в конструктивних, вирівнюючих та тріщиноперериваючих шарах одного з матеріалів:

- неукріплених матеріалів подрібненого цементобетону;
- матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом;
- бетонів на основі заповнювачів з подрібненого цементобетону.

1.2 Ці методичні рекомендації призначені для інженерно-технічного персоналу проектних і виробничих організацій всіх форм власності, які здійснюють роботи з проектування, а також проводять науковий супровід при будівництві та ремонтах автомобільних доріг загального користування.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих методичних рекомендаціях є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ Б А.1.1-100:2013 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять

ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація

ДСТУ-Н Б В.2.3-39:2016 Настанова з влаштування шарів дорожнього одягу з кам'яних матеріалів

ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-46-2010 Будівельні матеріали. Цементи

загальнобудівельного призначення. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань

ДСТУ Б В.2.7-72-98 (ГОСТ 8269.1-97) Будівельні матеріали. Щебінь і гравій з щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи хімічного аналізу

ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-207:2009 Будівельні матеріали. Матеріали щебеневі, гравійні та піщані, оброблені неорганічним в'язучим. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань

ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови (ГОСТ 23732-79, MOD)

ДСТУ Б В.2.7-309:2016 Ґрунти, укріплені в'язучим. Методи випробувань

ДСТУ Б EN 197-1:2015 Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT)

ГОСТ 6937-91 Дробилки конусные. Общие технические требования

ГОСТ 7090-72 Дробилки молотковые однороторные. Технические условия

СОУ 45.2-00018112-002:2006 Захист довкілля. Оцінювання екологічної придатності місцевих дорожньо-будівельних матеріалів для будівництва та ремонту автомобільних доріг

Примітка. Чинність стандартів, на які є посилання в цих методичних рекомендаціях, перевіряють згідно з офіційним виданням національного органу стандартизації та Укравтодору.

Якщо стандарт, на який є посилання, замінено новим або до нього внесено зміни, треба застосовувати новий стандарт, охоплюючи всі внесені зміни до нього.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цих методичних рекомендаціях вжито терміни згідно з: ДСТУ Б А.1.1-100 – одяг дорожній; одяг дорожній жорсткий; одяг дорожній нежорсткий; обробка поверхнева; основа дорожня; покриття дорожнє; система дренажна; шар дренавальний; шар основи додатковий; ДБН В.2.3-4 [1] – шар вирівнюючий.

Нижче подано терміни, вжиті в цих методичних рекомендаціях, та визначення позначених ними понять.

3.1 подрібнений цементобетон

Матеріал, отриманий шляхом механічної переробки бетону одного з вихідних ресурсів: плит цементобетонного покриття дорожнього одягу, плит прогонових будов мостів або злітно-посадкових смуг та перонів аеродромів; конструкцій та виробів з важких конструкційних бетонів або залізобетонних конструкцій та виробів, а також технологічних відходів виробництва таких конструкцій та виробів

3.2 кондиційні матеріали подрібненого цементобетону

Матеріали подрібненого цементобетону, які при випробуванні за встановленими методами характеризуються встановленими показниками технічних властивостей

3.3 щебінь з подрібненого цементобетону

Фракціонований матеріал подрібненого цементобетону з розміром зерен понад 5 мм

3.4 пісок з відсівів подрібненого цементобетону

Фракціонований або нефракціонований матеріал подрібненого цементобетону з розміром зерен понад 0 до 5 мм включно

3.5 вторинні заповнювачі

Щебінь з подрібненого цементобетону при використанні в якості заповнювачів для бетонів (можливе також обмежене застосування піску з відсівів подрібненого цементобетону)

3.6 маломіцні матеріали подрібненого цементобетону

Матеріали подрібненого цементобетону, складові яких при випробуванні за встановленими методами не задовольняють технічні вимоги до кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону

3.7 карбонатний осад

Осад, що складається переважно з портландиту (утворюється при хімічних реакціях залишкових клінкерних матеріалів подрібненого цементобетону) та/або карбонату кальцію CaCO_3 (утворюється при взаємодії незв'язаного вапна в складі подрібненого цементобетону з оксидом вуглецю повітря)

3.8 реакції лугів корозійні

Явища внутрішньої корозії бетону внаслідок взаємодії лугів з реакційноздатними сполуками кремнію.

4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

У цих методичних рекомендаціях вжито наступні позначки та скорочення:

B – клас бетону за міцністю на стиск;

D – номінально встановлений найбільший розмір зерен;

d – номінально встановлений найменший розмір зерен;

E – модуль пружності матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу;

h – розрахункова товщина плит монолітного цементобетонного покриття;

h^0 - товщина шару основи;

K_o^0 - коефіцієнт, який ураховує вплив віброповзучості при розрахунку стійкості на зсув шару основи з незв'язаних матеріалів у частині розрахунку висоти уступів, що накопичуються під торцями цементобетонних плит;

K_{no}^0 - коефіцієнт, який ураховує вплив віброповзучості на стан піщаних основ;

k_{∂} – коефіцієнт, який ураховує особливості роботи конструкції на стику піщаного шару та несучого шару основи;

L_{cm} – довжина плит цементобетонного покриття;

pH – показник концентрації водневих іонів;

R – міцність на розтяг при згині;

W_d – вміст забруднюючих домішок у матеріалах подрібненого цементобетону;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

РЛК – реакції лугів корозійні.

5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Застосування матеріалів подрібненого цементобетону згідно з цими методичними рекомендаціями є альтернативою застосуванню методу віброрезонансного руйнування згідно з Р А.2.2-218-02070915-714 [5], МР В.3.2-218-03449261-672 [7], ТК 03450778-162 [9].

5.2 Матеріали подрібненого цементобетону застосовують при влаштуванні шарів дорожнього одягу після підтвердження їх екологічної придатності для будівництва та ремонту автомобільних доріг за класом радіоактивності та ступенем впливу на довкілля відповідно до вимог СОУ 45.2-00018112-002, складання техніко-економічного обґрунтування з урахуванням положень 5.3 – 5.9 та з проведенням дослідно-виробничої перевірки у випадку застосування цих матеріалів у конструктивних шарах.

При визначенні впливу матеріалів подрібненого цементобетону на поверхневі і ґрунтові води та ґрунт згідно з СОУ 45.2-00018112-002 слід урахувати наступне:

- матеріали, отримані з подрібненого цементобетону дорожніх покриттів, характеризуються підвищеним вмістом хлоридів;
- матеріали, отримані з подрібненого цементобетону плит прогонових будов мостів та покриттів стоянок автомобільного транспорту, характеризуються підвищеним вмістом важких металів;
- промивні води подрібненого цементобетону переважно характеризуються високою лужністю.

5.3 Для виготовлення кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону рекомендується використовувати бетон з ідентифікованих об'єктів з супровідними даними проектно-технічної документації.

5.4 Дійсна густина щебеню з подрібненого цементобетону є нижчою за значення цього показника нового щебеню ідентичної гірської породи. Відповідно менші значення густини матеріалу ущільненого шару можуть забезпечити підвищення економічного ефекту від застосування вторинної сировини за рахунок зниження витрат матеріалу на влаштування одного кілометра шару дорожнього одягу.

5.5 При проектуванні та будівництві автомобільних доріг з нежорстким дорожнім одягом капітального типу застосування неукріплених матеріалів подрібненого цементобетону в конструктивних шарах слід обмежувати.

Неукріплені шари дорожнього одягу, влаштовані з матеріалів подрібненого цементобетону – особливо з застосуванням піску з відсівів подрібненого цементобетону – здатні набувати підвищеної міцності та жорсткості внаслідок цементування залишкових клінкерних матеріалів.

5.6 При підборі складу матеріалів з використанням подрібненого цементобетону слід урахувати наступні положення:

- водопоглинення щебеню з подрібненого цементобетону (вихідний щебінь щільних гірських порід) варіюється переважно в межах від 2 % до 6 %;

- оптимальна вологість неукріплених кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону, в залежності від зернового складу, варіюється переважно в межах від 14 % до 19 %;

- матеріали подрібненого цементобетону, в тому числі укріплені цементом, а також бетони з використанням вторинних заповнювачів характеризуються підвищеними, в порівнянні з аналогічними стандартними матеріалами, значеннями коефіцієнтів варіації показників фізико-механічних властивостей.

5.7 Матеріали подрібненого цементобетону не застосовують на ділянках доріг з очікуваним нерівномірним просіданням земляного полотна, а також у неукріплених шарах основи дорожніх одягів на ділянках доріг з 2-м та 3-м типом місцевості за умовами зволоження, де є можливим накопичення поверхневих стічних вод (нижні точки увігнутих ділянок поздовжнього профілю; ділянки з затяжними поздовжніми похилами; ділянки, на яких ґрунти узбіччя характеризуються відносно високою водопроникністю).

5.8 Суміші з використанням матеріалів подрібненого цементобетону не дозволяється застосовувати без обробки в'язучим, якщо число пластичності частинок розміром менше ніж 0,63 мм (0,16 мм) перевищує 7.

5.9 Використання цементобетону з об'єктів або ділянок з явищами корозії бетону (РЛК – реакції лугів корозійні; сольова корозія) слід обмежувати. При застосуванні матеріалів, отриманих з цементобетонів з явищами РЛК та втомними тріщинами, під конструктивним шаром дорожнього одягу з таких матеріалів обов'язково влаштовують дренавальний шар.

6 КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

Матеріали подрібненого цементобетону класифікують як кондиційні матеріали подрібненого цементобетону та маломіцні матеріали подрібненого цементобетону.

За видом продукції кондиційні матеріали подрібненого цементобетону класифікують наступним чином:

- щебінь з подрібненого цементобетону – фракціонований матеріал з розміром зерен понад 5 мм, призначений для виготовлення сумішей; при техніко-економічному обґрунтуванні може бути використаний у якості заповнювача для дорожніх бетонів з урахуванням положень А.2.4 додатка А;

- пісок з відсівів подрібненого цементобетону – фракціонований або нефракціонований матеріал з розміром зерен понад 0 до 5 мм включно; призначений для влаштування підстильних шарів, шарів основи, вирівнюючих та тріщиноперериваючих (між цементобетонною основою та асфальтобетонним покриттям) шарів дорожнього одягу, а також для виготовлення сумішей;

- суміші з використанням щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону – дисперсний матеріал з розміром зерен понад 0 до D мм включно або від (понад) d мм до D мм включно, складений з використанням фракцій щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону; призначений для влаштування неукріплених та укріплених шарів основ, покриттів, вирівнюючих та тріщиноперериваючих шарів дорожнього одягу;

- суміші з використанням щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону, укріплені цементом – монолітний матеріал, який утворюється внаслідок ущільнення та твердіння за нормованих умов відповідних матеріалів оптимальної вологості, оброблених цементом; виготовляються змішуванням на дорозі;

- маломіцні матеріали подрібненого цементобетону, укріплені цементом – монолітний матеріал, який утворюється внаслідок ущільнення та твердіння за нормованих умов відповідних матеріалів оптимальної вологості, оброблених цементом; виготовляються змішуванням на дорозі.

Маломіцні матеріали подрібненого цементобетону класифікують як дорожньо-будівельні матеріали класу «техногенні ґрунти», тип «відходи виробничої діяльності», вид – «промислові (будівельні) відходи» згідно з ДСТУ Б В.2.1-2, та використовують у неукріплених або укріплених цементом шарах дорожнього одягу відповідно до положень цих методичних рекомендацій.

За наявності спеціального техніко-економічного обґрунтування, яке ураховує результати безпосередніх випробувань, кондиційні матеріали подрібненого цементобетону можуть бути використані при влаштуванні робочої частини земляного полотна автомобільних доріг.

7 ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ

7.1 Щебінь з подрібненого цементобетону

Щебінь з подрібненого цементобетону (далі – вторинний щебінь) використовують у вигляді фракцій або суміші суміжних фракцій з розміром зерен: понад 5 мм до 10 мм включно; понад 10 мм до 20 мм включно; понад 20 мм до 40 мм включно; понад 40 мм до 80 (70) мм включно; понад 5 (3) мм до 20 мм включно; понад 20 мм до 80 (70) мм включно.

Технічні характеристики вторинного щебеню, виготовленого відповідно до положень додатка А, наведені в таблиці 1. За наявності техніко-економічного обґрунтування може бути використано суміш суміжних фракцій вторинного щебеню з розміром зерен понад (від) 5 (3) мм до 20 мм включно з зерновим складом відповідно до таблиці 2.

Таблиця 1 – Технічні характеристики вторинного щебеню

Ч.ч.	Показник, одиниця вимірювання	Значення показника при використанні матеріалу в сумішах для влаштування шарів дорожнього одягу:		Нормативні документи на виконання випробувань з визначення показника
		неукріплених	укріплених цементом	
1	2	3	4	5
1	Загальний вміст забруднюючих домішок неорганічного та органічного походження, % за масою	1,0, не більше – для верхніх шарів основ; понад 1,0 до 3,0 включно – для нижніх шарів основ	1,0, не більше	A.2.2
2	Зерновий склад за повним залишком на ситах, % за масою ^{*)}	Згідно з таблицею 1 ДСТУ Б В.2.7-75		4.3 ДСТУ Б В.2.7-71
3	Вміст зерен пластинчастої та голчастої форми, % за масою, не більше ніж	35	25	4.7 ДСТУ Б В.2.7-71
4	Вміст пилюватих частинок, % за масою, не більше ніж ^{**)}	- 1,0 – для вторинного щебеню марки за міцністю (дробильністю) 800 та вище; - 2,0 – для вторинного щебеню марки за міцністю (дробильністю) 600; - 3,0 – для вторинного щебеню марки за міцністю (дробильністю) 400		4.5.1 ДСТУ Б В.2.7-71
5	Марка за міцністю, не нижче ніж	- 400 – шар додаткової основи доріг I – III категорій; - 600 – шари основи доріг IV, V категорій; - 800 – шари основи доріг II, III категорій; шар покриття доріг V категорії		4.8 ДСТУ Б В.2.7-71
6	Вміст зерен міцністю менше ніж 20 МПа, % за масою, не більше ніж	- 10,0 – у вторинному щебені марки за міцністю 400; - 5,0 – у вторинному щебені марки за міцністю 600 та вище		4.9 ДСТУ Б В.2.7-71

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
7	Марка за стиранністю (визначається за стиранністю у поличному барабані), не нижче ніж	Ст III – шари основи доріг II - III категорій; Ст III - IV – шари основи доріг IV, V категорій;	Ст III	4.10 ДСТУ Б В.2.7-71
8	Марка за пластичністю, не нижче ніж	Пл 3 – шари основи доріг IV, V категорій; Пл 2 – шари основи доріг II, III категорій	-	Додаток А ДСТУ Б В.2.7-30
9	Марка за водостійкістю	В1; В2		5.2.4***) та додаток Б ДСТУ Б В.2.7-30
10	Середня густина зерен, г/см ³	Понад 2,0		4.16 ДСТУ Б В.2.7-71
11	Водопоглинення, % за масою, не більше ніж	6,0		4.18 ДСТУ Б В.2.7-71
12	Стійкість структури проти розпадів як втрата маси, % за масою, не більше ніж	4		4.23 ДСТУ Б В.2.7-71
13	Вміст шкідливих домішок, % за масою, не більше ніж: - сірки, сульфатів та сульфідів (гіпс, ангідрит та інше) з розрахунку на SO ₃ ; - водорозчинних хлоридів з розрахунку на іон хлору - вільних волокон азбесту	1,50 вказується за фактичним значенням 0,25	1,50 0,1 0,25	4.7 ДСТУ Б В.2.7-72 4.10 ДСТУ Б В.2.7-72 4.24 ДСТУ Б В.2.7-72

Кінець таблиці 1

1	2	3	4	5
14	Марка за морозостійкістю для районів з середньою температурою повітря найхолоднішого періоду, °С – не менше ніж: - понад мінус 5 до 0 включно - понад мінус 10 до мінус 5 включно	15 – шари основи доріг IV,V категорій; 25 – шари основи доріг II, III категорій;	15 -	4.12 ДСТУ Б В.2.7-71
<p>^{*)} За винятком суміші суміжних фракцій з розмірами зерен понад 5 (3) мм до 20 мм включно - згідно з таблицею 2. ^{**)} Пропонується для нормування для вторинного щебеню, очищеного стиснутим повітрям або промиванням водою. ^{***)} Рекомендується визначати для всіх марок вторинного щебеню за міцністю (дробильністю).</p>				

Таблиця 2 – Вимоги до зернового складу суміші фракцій вторинного щебеню з розмірами зерен понад 5 (3) мм до 10 мм включно та понад 10 мм до 20 мм включно при співвідношенні 1:2 за масою

Діаметр отворів контрольних сит, мм	5 (3)	10	20	25
Повні залишки на ситах, % за масою	Від 95 до 100	Від 55 до 75	10, не більше	0,5, не більше

7.2 Пісок з відсівів подрібненого цементобетону

Технічні характеристики піску з відсівів подрібненого цементобетону, виготовленого відповідно до положень додатка А, наведені в таблиці 3 та таблиці 4.

Коефіцієнт фільтрації матеріалу піщаного підстильного (дренуючого) шару в ущільненому стані повинен становити не менше ніж 1,0 м/добу.

7.3 Суміші з використанням щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону

Суміші з використанням щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону (далі – суміші) використовують для влаштування неукріплених шарів дорожнього одягу та шарів дорожнього одягу, укріплених цементом. При влаштуванні шарів основ дорожнього одягу на дослідних ділянках автомобільних доріг можуть бути використані також суміші, комплексно оброблені бітумним в'яжучим та цементом, підбір складу яких здійснюють відповідно до Р В.2.7-37641918-880 [8].

7.3.1 Суміші для влаштування неукріплених шарів дорожнього одягу

Матеріали подрібненого цементобетону в складі сумішей для влаштування неукріплених шарів дорожнього одягу повинні задовольняти вимоги 7.1, 7.2.

Для виготовлення сумішей застосовують воду згідно з ДСТУ Б В.2.7-273.

До сумішей встановлюють вимоги за показниками:

- зерновий склад;
- вміст частинок розміром менше ніж 0,05 мм;
- коефіцієнт фільтрації;
- вміст забруднюючих домішок.

Таблиця 3 – Технічні характеристики піску з відсівів подрібненого цементобетону

Показник, одиниця вимірювання	Значення показника	Нормативні документи на виконання випробувань з визначення показника
Дійсна густина, г/см ³	Від 2,0 до 3,0 включно	Розділ 10 ДСТУ Б В.2.7-232
Модуль крупності	Від 2,0 до 3,5	Розділ 5 ДСТУ Б В.2.7-232
Марка за міцністю	Встановлюється як марка за міцністю (дробильністю) вторинного щебеню фракції понад 5 мм до 10 мм включно для матеріалів, отриманих з одного об'єкту	4.8 ДСТУ Б В.2.7-71
Вміст забруднюючих домішок, % за масою: - неорганічного походження (кераміка, скло, цегляний бій) - органічного походження (деревина, руберойд, теплоізоляційні матеріали, органічне в'язуче)	1,0, не більше наявність не допускається	A.2.2 додатка А
Вміст шкідливих домішок, % за масою, не більше ніж: - сірки, сульфатів та сульфідів (гіпс, ангідрит та інше) з розрахунку на SO ₃ ; - водорозчинних хлоридів - вільних волокон азбесту	1,00 вказується за фактичним значенням*) 0,25	Розділ 14 ДСТУ Б В.2.7-232 A.2.3 додатка А 4.24 ДСТУ Б В.2.7-71
*) За винятком піску з відсівів подрібненого цементобетону згідно з 7.4.		

Таблиця 4 – Вимоги до зернового складу піску з відсівів подрібненого цементобетону

Група піску	Склад, % за масою, за найбільшим допустимим вмістом зерен з розміром, у міліметрах				
	Понад 10	Понад 5	Понад 0,63 ^{*)}	Менше ніж 0,16	Менше ніж 0,05 ^{**)}
Підвищеної крупності	0,5	15	Від 65 до 75	10	5,0
Крупний	0,5	15	Від 45 до 65	15	5,0
Середній	0,5	15	Від 30 до 45	15	5,0

Примітка. За узгодженням між виробником та споживачем вміст зерен розміром понад 5 мм для піску підвищеної крупності встановлюють в межах до 20 %.

^{*)} Значення вказуються за найменшим та найбільшим допустимим вмістом зерен

^{**)} Фракція містить до 50 % за масою пилу цементного каменю

Коефіцієнт фільтрації сумішей, визначений згідно з додатком В ДСТУ Б В.2.7-30, повинен відповідати вимогам до коефіцієнту фільтрації матеріалу для потрібної області застосування. Технічні характеристики сумішей наведені в таблиці 5.

7.3.2 Суміші для влаштування шарів дорожнього одягу, укріплених цементом

Матеріали подрібненого цементобетону в складі сумішей для влаштування шарів дорожнього одягу, укріплених цементом, повинні задовольняти вимоги 7.1, 7.2.

У складі сумішей для піщаного шару основи під цементобетонне покриття використовують пісок з відсівів подрібненого цементобетону з вмістом водорозчинних хлоридів не більше ніж 0,15 % за масою.

Для обробки сумішей використовують цемент згідно з ДСТУ Б EN 197-1, ДСТУ Б В.2.7-46 (портландцемент, шлакопортландцемент) марки не нижче 400 (42,5 N згідно з ДСТУ Б EN 197-1), строк початку тужавіння якого становить не менше ніж 2 год.

Для виготовлення сумішей застосовують воду згідно з ДСТУ Б В.2.7-273.

Зерновий склад мінерального остова сумішей, призначених для обробки цементом, повинен задовольняти вимоги таблиці 6.

Таблиця 5 – Технічні характеристики сумішей для влаштування неукріплених шарів дорожнього одягу

Показник, одиниця вимірювання	Значення показника	Нормативні документи на виконання випробувань з визначення показника
Зерновий склад, % за масою	Згідно з 5.4.5 ДСТУ Б В.2.7-30 – вимоги до сумішей для шарів основи та для вирівнювання поверхні основи	4.3 ДСТУ Б В.2.7-71
Вміст частинок розміром менше ніж 0,05 мм, % за масою, не більше ніж	5,0	4.5.1 ДСТУ Б В.2.7-71
Загальний вміст забруднюючих домішок неорганічного та органічного походження, % за масою	не допускається (ідентифікуються як окремі включення)	A.2.2 Додатка А

Таблиця 6 – Вимоги до зернового складу мінерального остова сумішей, призначених для обробки цементом

Номинальний найбільший розмір зерен, мм	Повний залишок, % за масою, на ситі з розміром отворів, мм									
	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,05
40	0-10	10-40	35-65	50-80	60-85	70-90	75-95	80-97	85-98	87-100
20	-	0-10	20-40	35-65	50-80	60-85	70-90	75-95	80-97	85-100
10	-	-	0-10	25-40	45-65	60-80	70-85	75-90	80-95	85-100
5	-	-	-	0-10	30-40	50-65	65-80	75-85	80-90	88-100
2,5	-	-	-	-	0-10	30-40	55-65	70-80	80-90	88-100
1,25	-	-	-	-	-	0-10	35-45	60-70	75-85	85-100

Технічні характеристики матеріалів, укріплених цементом, встановлюють відповідно до таблиці 7 наступним чином:

- при використанні в сумішах вторинного щебеню - відповідно до вимог до матеріалу однієї з марок: М10; М20; М40;

- при використанні в сумішах вторинного щебеню та/або піску з подрібненого цементобетону – відповідно до вимог до матеріалу однієї з марок: М10; М20.

Таблиця 7 – Технічні характеристики матеріалів, укріплених цементом

Показник, одиниця вимірювання	Значення показника для марок		
	М40	М20	М10
Границя міцності при стиску водонасичених зразків у віці 28 діб МПа, не менше ніж	4,0	2,0	1,0
Границя міцності на розтягування при вигині зразків у віці 28 діб, МПа, не менше ніж	0,80	0,40	0,25
Коефіцієнт морозостійкості, не менше ніж	0,75	0,70	не нормують
Примітка. Режим водонасичення зразків встановлюють згідно з додатком Г ДСТУ Б В.2.7-309.			

При визначенні коефіцієнта морозостійкості кількість циклів заморожування-відтаювання встановлюють наступним чином:

а) матеріал марки М40:

1) 25 циклів – при використанні в шарі основи під цементобетонне покриття у I та II дорожньо-кліматичних зонах;

2) 15 циклів – при використанні за інших умов;

б) матеріал марки М20:

1) 15 циклів – при використанні в шарі покриття (з подвійною поверхневою обробкою) у III, IV дорожньо-кліматичних зонах;

2) 10 циклів – при використанні за інших умов.

При підборі складу сумішей ураховують відповідні положення А.1 та А.3 ДСТУ Б В.2.7-207. Шляхом підбору складу встановлюють мінімальну кількість в'язучого (цементу), яка забезпечує отримання укріплених матеріалів необхідних марок.

7.4 Маломіцні матеріали подрібненого цементобетону

Придатність маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону для застосування в неукріплених шарах дорожнього одягу визначають згідно з Е.8 ВБН В.2.3-218-186 [3].

Придатність маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону для застосування в укріплених шарах дорожнього одягу визначають за результатами випробувань таких матеріалів, укріплених цементом.

Зерновий склад маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону при обробці цементом повинен задовольняти вимоги таблиці 6; для коригування зернового складу дозволяється використовувати піски та важки супіски з ДСТУ Б В.2.1-2.

Для обробки маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону використовують цемент згідно з ДСТУ Б EN 197-1, ДСТУ Б В.2.7-46 (портландцемент, шлакопортландцемент) марки не нижче 300, строк початку тужавіння якого становить не менше ніж 2 год.

Технічні характеристики маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом, встановлюють відповідно до таблиці 8 наступним чином:

- при використанні в маломіцних матеріалах щебених фракцій подрібненого цементобетону - відповідно до вимог до матеріалу однієї з марок: MI_M , III_M ;

- при використанні в маломіцних матеріалах щебених та дрібнозернистих фракцій подрібненого цементобетону – відповідно до вимог до матеріалу марки III_M .

Підбір складу маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом, здійснюють за порядком, вказаним у 7.3.2.

Таблиця 8 – Технічні характеристики маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом

Показник, одиниця вимірювання	Значення показника для марки	
	MI _м	MII _м
Границя міцності при стиску водонасичених зразків, МПа	понад 4,0	понад 2,0 до 4,0 включно
Коефіцієнт морозостійкості, не менше ніж	0,75	0,70
Примітка. Режим водонасичення зразків встановлюють згідно з додатком Г ДСТУ Б В.2.7-309.		

8 ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ В НЕУКРІПЛЕНИХ ШАРАХ

8.1 Принципи конструювання

8.1.1 Кондиційні матеріали подрібненого цементобетону, не оброблені в'язучим, можуть бути використані для влаштування:

а) шарів основи дорожнього одягу:

1) нижнього несучого шару основи жорстких дорожніх одягів автомобільних доріг III категорії;

2) шару основи під цементобетонне покриття автомобільних доріг IV категорії;

3) шару основи дорожнього одягу V категорії та додаткових шарів основи автомобільних доріг;

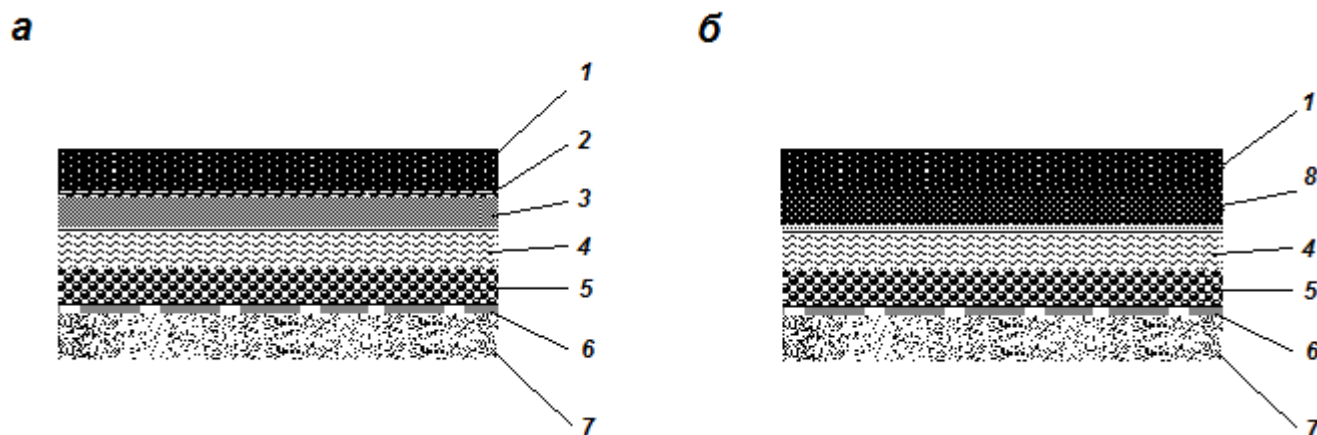
б) вирівнюючих шарів;

в) тріщиноперериваючих шарів під асфальтобетонне покриття на основі з цементобетону або з укріплених цементом матеріалів.

Маломіцні матеріали подрібненого цементобетону застосовують у шарах основи дорожніх одягів з урахуванням положень 5.3 ДСТУ-Н Б В.2.3-39.

8.1.2 Варіанти конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг III категорії з використанням кондиційних матеріалів подрібненого

цементобетону в неукріпленому конструктивному шарі наведено на рисунку 1.



Умовні позначки: 1 – дрібнозернистий асфальтобетон; 2 – тріщиноперериваючий шар з нетканих, зернистих матеріалів, або піщаного асфальтобетону; 3 – бетон класу за міцністю на стиск не нижче ніж В15; 4 – стандартна суміш щільного зернового складу, укріплена цементом, марки не нижче ніж М40; 5 – суміш щільного зернового складу для шарів основ з додаванням вторинного щебеню¹⁾; 6 – захисно-армуючий прошарок з геосинтетичних матеріалів; 7 – піщаний підстильний шар; 8 – крупнозернистий асфальтобетон

Рисунок 1 – Варіанти конструкцій жорсткого (**а**) та нежорсткого (**б**) дорожнього одягу автомобільних доріг III категорії з застосуванням неукріплених матеріалів подрібненого цементобетону в конструктивних шарах

Для конструкції дорожнього одягу відповідно до рисунку 1 **а** кондиційні матеріали подрібненого цементобетону можуть бути застосовані також для влаштування тріщиноперериваючого шару (позиція 2), в тому числі між додатковим шаром покриття (чорний щебінь) та цементобетонною основою.

Варіанти конструкцій нежорстких дорожніх одягів з використанням матеріалів подрібненого цементобетону в піщаних шарах обирають відповідно до 2.2 ВБН В.2.3-218-186 [2].

¹⁾ Для конструкції (**а**) в складі сумішей може бути використаний також пісок з відсівів подрібненого цементобетону.

8.1.3 Товщина неукріплених шарів основ дорожнього одягу з використанням кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону повинна становити не більше ніж 18 см після ущільнення котками з металевими вальцями та не більше ніж 25 см у щільному стані – при застосуванні котків на пневматичних шинах. Мінімальна товщина таких шарів в ущільненому стані становить 15 см.

8.1.4 При застосуванні в неукріпленому нижньому шарі основи маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону передбачають розташований вище несучий шар основи з щебеню міцних порід або зі стандартних матеріалів, укріплених цементом, мінімальної внормованої товщини. Товщину шару, влаштованого з маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, обґрунтовують розрахунком.

8.1.5 При застосуванні в дренальному шарі матеріалів подрібненого цементобетону сумісно з геотекстильними виробами з функціями фільтрування, дренавання вибір марки таких виробів здійснюють з урахуванням результатів визначення здатності системи «подрібнений цементобетон/геотекстиль» до кольматації.

За неможливості отримання таких результатів вибір марки геотекстильних виробів здійснюють з урахуванням досвіду експлуатації автомобільних доріг, у конструкції яких використано систему «подрібнений цементобетон/геотекстиль (необхідного виду та марки)» або, для запобігання утворенню та подальшій суфозії карбонатних осадів, використовують очищений від пилу вторинний щебінь.

8.1.6 При облаштуванні трубчастих дрен використовують вторинний щебінь з вмістом щебеневої фракції не менше ніж 95 %.

8.1.7 Матеріали подрібненого цементобетону з лужною реакцією промивних вод не дозволяється використовувати в місцях розташування водовипуску.

8.2 Особливості розрахунку жорстких дорожніх одягів

8.2.1 Розрахунок здійснюють згідно з ГБН В.2.3-37641918:557 [4], з урахуванням положень 8.2.2 – 8.2.5. При проектуванні дренажної системи ураховують положення 8.1.5 - 8.1.7.

8.2.2 При розрахунку дорожнього одягу за пружним прогином значення показників розрахункових характеристик кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону в ущільненому шарі приймають згідно з таблицею 9.

Розрахункові характеристики неукріплених маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону приймають згідно з Е.8 ВБН В.2.3-218-186 [2].

8.2.3 При розрахунку стійкості основи жорсткого дорожнього одягу з незв'язних або малозв'язних матеріалів до накопичення деформацій під торцями цементобетонних плит при використанні кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону в шарі основи або в піщаному вирівнюючому шарі, у частині розрахунку висоти уступів, що накопичуються, вплив віброповзучості ураховують введенням коефіцієнту K_{ϕ}^0 , значення якого приймають згідно з таблицею 10.

Таблиця 9 – Рекомендовані значення розрахункових характеристик ущільнених матеріалів подрібненого цементобетону в неукріплених шарах дорожнього одягу

Незв'язний або слабозв'язний матеріал	Модуль пружності E , МПа	Кут внутрішнього тертя Φ , град	Питоме зчеплення C , МПа
Суміші для шарів основ дорожнього одягу з використанням вторинного щебеню, при значеннях D , у міліметрах: - 80 (70) - 40 - 20	260 – 220 250 – 200 240 – 180	-	-
Крупний пісок з використанням відсівів подрібненого цементобетону	130	42	0,006
Пісок середньої крупності з використанням відсівів подрібненого цементобетону	120	40	0,006
Примітка. Розрахункові значення модулів пружності обирають у зазначеному діапазоні з урахуванням складу матеріалу та досвіду його застосування в певній дорожньо-кліматичній зоні.			

Таблиця 10 – Значення коефіцієнту K_o^0 при застосуванні кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону в незв'язному шарі основи або у вирівнюючому шарі

Матеріал шару основи	Проектна (призначена) товщина шару основи h_o^0 , см	Матеріал вирівнюючого шару	Значення коефіцієнту K_o^0	
			коли стики не працюють	коли стики працюють
Пісок з відсівів подрібненого цементобетону або природний пісок згідно ДСТУ Б В.2.7-32	20	Пісок з відсівів подрібненого цементобетону або природний пісок згідно з ДСТУ Б В.2.7-32	5,7*	1,6*
	20	Синтетичний нетканий матеріал	2,5	1,3
	20	Підкладки під шви	2,5	1,4
Щебенево-піщана суміш, в тому числі з застосуванням кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону	20	Пісок з відсівів подрібненого цементобетону або природний пісок згідно з ДСТУ Б В.2.7-32	2,0	1,2
Ґрунт, укріплений цементом	16	Пісок з відсівів подрібненого цементобетону	1,5	1,1
* Значення дорівнює K_{no}^0 у формулі 6.27 ГБН В.2.3-37641918-557 [4].				

8.2.4 При розрахунку дорожнього одягу за умовами зсувостійкості в проміжному піщаному шарі з використанням піску з відсівів подрібненого цементобетону граничне активне напруження зсуву обчислюють згідно з 3.5.6 ВБН В.2.3-218-186 [2] так, як для шару з піску середньої крупності або крупного піску з відповідним вмістом пилюватої фракції та з відповідним значенням коефіцієнта k_a , який ураховує роботу конструкції на стику піщаного шару та несучого шару основи. При відсутності геосинтетичного прошарку значення k_a приймають згідно з 7.3.5 МР-218-02070915-633 [6].

8.2.5 При розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість значення коефіцієнту теплопровідності λ , Вт/(м·К), приймають наступним чином:

- 1,86 – для сумішей щільного зернового складу з використанням вторинного щебеню;
- 2,32 – для крупнозернистого (або підвищеної крупності) піску з використанням відсівів подрібненого цементобетону;
- 2,44 – для піску середньої крупності з використанням відсівів подрібненого цементобетону.

8.3 Особливості розрахунку нежорстких дорожніх одягів

8.3.1 Розрахунок нежорстких дорожніх одягів здійснюють згідно з ВБН В.2.3-218-186 [2] та з урахуванням положень цих методичних рекомендацій.

8.3.2 При розрахунку зсувостійкості піщаного шару основи з використанням піску з відсівів подрібненого цементобетону розрахункові характеристики матеріалу приймають відповідно до 8.2.4.

При розрахунку нежорстких дорожніх одягів на навантаження розрахункові характеристики піску з відсівів подрібненого цементобетону приймають відповідно до 8.2.2.

8.3.3 При розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість теплофізичні характеристики піску з відсівів подрібненого цементобетону приймають згідно з 8.2.5.

8.3.4 При проектуванні дренажної системи ураховують положення 8.1.5 – 8.1.7.

9 ВИМОГИ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ В ШАРАХ, УКРІПЛЕНИХ ЦЕМЕНТОМ

9.1 Принципи конструювання

9.1.1 Матеріали подрібненого цементобетону, оброблені цементом, можуть бути використані для влаштування шарів основи, вирівнюючого

шару під цементобетонне покриття, а також шару покриття автомобільних доріг з дорожнім одягом перехідного типу. Застосування таких матеріалів в шарах основ дорожніх одягів капітального типу слід обмежувати з урахуванням геолого-кліматичних та ґрунтових умов (пропонуються для застосування в Західному, Центральному та Північно-Східному регіонах згідно з [10], АД А.2.4-37641918-004 [11]).

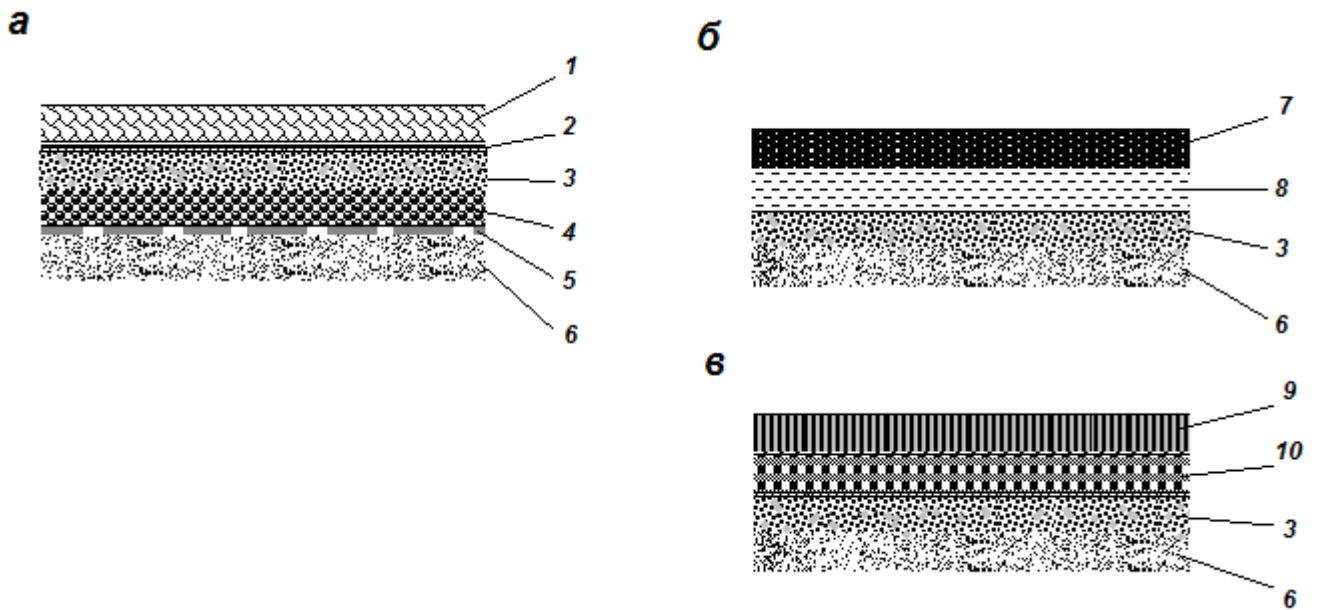
9.1.2 Матеріали подрібненого цементобетону, укріплені цементом, що відповідають положенням 7.3.2, застосовують у конструктивних шарах дорожніх одягів згідно з таблицею 11.

Таблиця 11 – Призначання марок кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом, при проектуванні і будівництві автомобільних доріг різних категорій

Категорія дороги	Тип конструкції дорожнього одягу	Розташування шару в конструкції	Марка укріпленого матеріалу
Основа			
II	капітальний	нижній	M20; M40
III	капітальний; удосконалений полегшений	верхній	M20; M40
		нижній	M10; M20
IV	капітальний; удосконалений полегшений	-	M20; M40
V	удосконалений полегшений; перехідний	-	M20; M40
Покриття ^{*)}			
V	перехідний, нижчий	-	M20; M40
*) Переважно у Південному та Південно-Східному регіонах України згідно з [10], АД А.2.4-37641918-004 [11].			

9.1.3 Варіанти конструкцій дорожнього одягу з використанням матеріалів подрібненого цементобетону в шарах, укріплених цементом, наведені на рисунку 2.

Для конструкцій дорожнього одягу згідно з рисунком 2 матеріали подрібненого цементобетону можуть бути застосовані також в позиції б.



Умовні позначки: 1 – бетон класу за міцністю на стиск не нижче ніж В20; 2 – захисний матеріал; 3 – суміш щільного зернового складу з використанням вторинного щебеню, укріплена цементом, марки не нижче ніж М40; 4 – суміш щільного зернового складу для шарів основ; 5 – захисно-армуючий прошарок з геосинтетичних матеріалів; 6 – піщаний підстильний шар; 7 – гарячий щільний асфальтобетон; 8 – кам'яні матеріали, комплексно укріплені бітумним в'язучим та цементом; 9 – шар зносу; 10 – чорний щебінь

Рисунок 2 – Варіанти конструкцій жорсткого (**а**) та нежорсткого (**б, в**) дорожнього одягу різних типів для автомобільних доріг IV, V категорій з застосуванням матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом

При проектуванні дорожніх одягів полегшеного типу на дорогах IV категорії на шарі комплексно укріплених матеріалів (поз. 8) передбачають влаштування подвійної поверхневої обробки з застосуванням бітумної емульсії.

9.1.4 Необхідність влаштування швів стискання та розширення визначають згідно з ГБН В.2.3-37641918-557 [4]. Шви стискання в шарах основи згідно з 5.2.1 ГБН В.2.3-37641918-557 [4] при використанні матеріалів подрібненого цементобетону в таких шарах рекомендується влаштовувати незалежно від наявності тріщиноперериваючих шарів.

9.2 Особливості розрахунку дорожніх одягів

9.2.1 Розрахунок дорожнього одягу з застосуванням матеріалів подрібненого цементобетону в конструктивних шарах, укріплених цементом, здійснюють на підставі положень ГБН В.2.3-37641918:557 [4], ВБН В.2.3-218-186 [2], МР В.3.2-21-03449261-672 [9], [12].

9.2.2 Розрахункові характеристики матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом, що відповідають положенням 7.3.2, приймають згідно з таблицею 12.

Таблиця 12 – Рекомендовані значення розрахункових характеристик кондиційних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом

Марка укріпленого матеріалу	Розрахунковий модуль пружності E , МПа	Розрахунковий опір розтягуванню при згині R , МПа
M40	700	0,50
M20	400	0,33
M10	180	0,22

Примітка. Значення показників підлягають перевірці та доповненню (в частині коефіцієнтів варіації) відповідно до результатів створення та обробки бази статистичних даних.

9.2.3 Мінімальну товщину конструктивних шарів дорожнього одягу з укріплених цементом матеріалів згідно з 7.3.2 приймають відповідно до 8.2.1.3.1 ДСТУ-Н Б В.2.3-39.

9.2.4 Розрахункові характеристики маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом, приймають згідно з таблицею 13.

Таблиця 13 – Рекомендовані значення розрахункових характеристик маломіцних матеріалів подрібненого цементобетону, укріплених цементом

Марка матеріалу	Модуль пружності E , МПа	Границя міцності на розтягування при вигині R , МПа
MI_M	450	0,25
MII_M	280	0,20
<p>Примітка 1. Значення показників підлягають перевірці та доповненню (в частині коефіцієнтів варіації) відповідно до результатів створення та обробки бази статистичних даних.</p> <p>Примітка 2. Більші значення розрахункових характеристик приймають при проектуванні у III та IV дорожньо-кліматичних зонах України згідно з ДБН В.2.3-4 [1].</p>		

Мінімально допустима товщина конструктивних шарів дорожнього одягу з укріплених цементом матеріалів згідно з 7.4 становить 12 см.

9.2.5 При розрахунку дорожнього одягу на морозостійкість значення коефіцієнту теплопровідності λ , Вт/(м·К), приймають наступним чином:

- 1,9 – для укріплених цементом матеріалів з використанням щебених фракцій подрібненого цементобетону;
- 1,75 – для укріплених цементом піщаних сумішей з використанням піску з відсівів подрібненого цементобетону.

10 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНДИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ В БЕТОННИХ ШАРАХ

При науковому супроводі будівництва дослідних ділянок автомобільних доріг з застосуванням у шарах дорожнього одягу бетонів на основі вторинних заповнювачів слід урахувувати наступні положення.

10.1 Бетони з використанням вторинних заповнювачів рекомендується застосовувати переважно в шарах основи; можливе також застосування в нижньому шарі двошарових цементобетонних покриттів.

Бетони на вторинних заповнювачах не використовують у жорсткому шарі під асфальтобетонне покриття, а також у конструкціях дорожніх одягів згідно з 5.3.11 ГБН В.2.3-37641918:557 [4].

10.2 У зв'язку з тим, що негативний вплив вторинних заповнювачів на технологічні характеристики бетонних сумішей підсилюється з підвищенням відносного вмісту піску з відсівів подрібненого цементобетону, його використання в дорожніх бетонах слід обмежувати.

10.3 Бетони з використанням вторинних заповнювачів характеризуються значно підвищеними деформаціями усадки та, можливо, підвищеними температурними деформаціями (підвищення значення коефіцієнта теплового розширення в межах до 30 %). З урахуванням цього довжину плит монолітного цементобетонного покриття L_{cm} при проектуванні на укріпленій основі та на стабільному земляному полотні рекомендується призначати в межах $L_{cm} \leq 20 \cdot h$, де h – розрахункова товщина цементобетонного покриття, при дотриманні співвідношення довжини та ширини плити згідно з 5.3.3 ГБН В.2.3-37641918:557 [4].

10.4 Підвищені деформації усадки сумісно з підвищеними температурними деформаціями дорожніх бетонів на вторинних заповнювачах обумовлюють значні горизонтальні (поздовжні) переміщення в деформаційних швах цементобетонних покриттів, що слід урахувати при виборі конструкції швів (рекомендовано використовувати конструкції зі штирьовими з'єднаннями).

10.5 Підвищені температурні деформації дорожніх бетонів на вторинних заповнювачах призводять до зниження підсилюючої дії крупних заповнювачів при одночасному впливі транспортного та температурного навантаження в місцях розвитку тріщин, що слід урахувати при проектуванні шарів цементобетонного покриття (наприклад, для бетону верхнього шару покриття в якості вторинного заповнювача використовують вторинний щебінь з $D = 40$ мм).

10.6 Зменшення модуля пружності шару бетону з використанням вторинного щебеню в порівнянні з бетоном з використанням стандартного щебеню ідентичної гірської породи становить:

- від 10 % до 30 % - при використанні вторинного щебеню;
- від 25 % до 40 % - при одночасному використанні вторинного щебеню та піску з відсівів подрібненого цементобетону.

Відповідно до цього потребується підвищення проектної товщини жорсткого шару або його армування, здебільшого з підвищенням витрат армуючих матеріалів.

10.7 Бетонні суміші на вторинних заповнювачах характеризуються підвищеною здатністю до розшарування, тому такі матеріали рекомендуються для використання при будівництві ділянок доріг, де не потребується підвищення тривалості віброуцільнювання.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

**ВИГОТОВЛЕННЯ, СКЛАДУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ
ПОДРІБНЕНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ**

А.1 Виготовлення та складування

А.1.1 Виготовлення матеріалів подрібненого цементобетону складається з наступних технологічних стадій:

- видалення (за наявності) шару асфальтобетонного покриття та інших бітумовмісних матеріалів з застосуванням метода холодного фрезерування асфальтобетону;

- розбирання цементобетонних шарів дорожнього одягу з застосуванням метода ударного руйнування;

- транспортування уламків видаленого цементобетону до місця розташування подрібнювально-сортувального обладнання;

- виготовлення матеріалів подрібненого цементобетону з застосуванням стандартного подрібнювально-сортувального обладнання з видаленням забруднюючих домішок неорганічного та органічного походження;

- очищення вторинного щебеню від пилу (за необхідності).

Плити прогонових будов мостів та покриттів паркувань в зв'язку високим відносним вмістом важких металів можуть потребувати видалення верхнього шару завтовшки 5 мм перед подрібнюванням.

А.1.2 Розбирання цементобетонних шарів дорожнього одягу здійснюють методом ударного руйнування з застосуванням пневматичного або гідравлічного молота – у залежності від товщини та міцності шару, що розбирається, та типу дорожнього одягу.

Молоти монтують на універсальних гідравлічних одноківшевих екскаваторах на колісному або гусеничному ході. Технічні характеристики

молотів слід обирати, виходячи з умов руйнування шару цементобетону потрібної товщини за один прохід при рекомендованій кількості односпрямованих ударів не більше ніж три.

Для розбирання цементобетонних покриттів завтовшки 16 см та більше рекомендується застосовувати гідравлічні молоти з енергією удару не менше ніж 1500 Дж, які приводяться в дію гідравлічною системою екскаватора та не потребують додаткового устаткування. Технічні характеристики гідравлічних молотів наведені в додатку Б.

А.1.3 Вийнятий цементобетон шарів дорожнього одягу містить від 10 % до 30 % за масою матеріалу суміжних шарів (ґрунтового шару, асфальтобетонного шару, зернистих матеріалів), які мають бути видалені. При переробці залізобетонних уламків, елементів та виробів виникає також необхідність видалення металевих включень - металевої арматури, арматурної сітки, металевих з'єднань, штирів, металевих елементів анкерних кріплень тощо.

При подрібнюванні залізобетонних плит часткове видалення металевих арматурних елементів відбувається в процесі розбирання дорожнього одягу. При руйнуванні шару армованого цементобетону різання арматури може виконуватись як при ударі молотом, так і за допомогою навісних (на екскаватор) гідравлічних ножиць або за допомогою газорізального обладнання.

А.1.4 Для виготовлення матеріалів подрібненого цементобетону використовують стандартне подрібнювально-сортувальне обладнання з подрібнювальними агрегатами, оснащеними магнітним сепаратором для видалення металевих включень.

Подрібнювання здійснюють в декілька стадій з застосуванням дробарок різних типів крупного, середнього та дрібного дроблення. При застосуванні дробарок крупного дроблення шматки цементобетону (залізобетону) рекомендується подрібнювати до уламків розміром від

70 мм до 100 мм; при подрібнюванні залізобетону цементобетон на даній стадії відділяється від арматури.

При транспортуванні до другої дробарки попередньо подрібнений матеріал на стрічковому конвеєрі очищують від металевих включень за допомогою залізовідділювача необхідної конструкції. Після подрібнювання до потрібного ступеню матеріал подається для розсівання на вібраційні грохоти, та після розсівання подається на складський майданчик для складування в штабелі.

Технічні характеристики подрібнювально-сортувального обладнання наведені в додатку Б. Застосування подрібнювально-сортувального обладнання від європейських виробників потребує урахування положень додатка Г ДСТУ Б В.2.7-30.

Для подрібнювання може бути застосоване обладнання для виготовлення стандартних щебених матеріалів – щоківі дробарки згідно з ГОСТ 27412 [13], конусні дробарки згідно з ГОСТ 6937, молоткові дробарки згідно з ГОСТ 7090; також використовують роторні дробарки попереднього дроблення. Очищення щебених фракцій подрібненого цементобетону від залишків цементного каменю найбільш ефективно відбувається в молоткових та конусних дробарках. Видалення дрібних легких включень (деревини, пластику), а також часткове видалення пилюватих фракцій, що утворюються при подрібнюванні цементобетону, здійснюють за допомогою спрямованого струму стиснутого повітря.

A.1.5 Матеріали подрібненого цементобетону слід зберігати на складах роздільно за фракціями (або у вигляді сумішей фракцій, проте розділення дрібнозернистих та щебених фракцій матеріалу є обов'язковим) за умов, які запобігають абсорбції вологи та забрудненню матеріалу: у штабелях конічної форми на майданчиках критого типу з твердим покриттям, з влаштованими поверхневим водовідводом та суцільними перегородками, за необхідності – під навісом. Вторинний

щебінь дозволяється зберігати відповідно до умов зберігання стандартних щебених матеріалів.

При складуванні піску з відсівів подрібненого цементобетону слід запобігати змерзання матеріалу шляхом перелопачування або обробки спеціальними розчинами.

При запланованому використанні вторинного щебеню в якості вторинного заповнювача рекомендується забезпечувати рівномірне контрольоване зволоження матеріалу в штабелях для запобігання втраті легкоукладальності бетонної суміші та нерівномірній усадці бетону.

A.1.6 Промивні води подрібненого цементобетону характеризуються лужною реакцією – значеннями показника концентрації водневих іонів $pH = 11$ або більше – внаслідок вимивання гідроксиду кальцію (продукту гідратації клінкерних матеріалів). У зв'язку з цим при виготовленні та складуванні матеріалів подрібненого цементобетону слід розглядати питання екологічної безпеки та охорони довкілля, особливо в регіонах з високим рівнем залягання ґрунтових вод.

A.2 Відбирання проб та проведення випробувань

A.2.1 Відбирання проб для проведення фізико-механічних випробувань вторинного щебеню здійснюють відповідно до 4.2 ДСТУ Б В.2.7-71.

Відбирання проб для проведення випробувань піску з відсівів подрібненого цементобетону здійснюють згідно з розділом 4 ДСТУ Б В.2.7-232.

A.2.2 Вміст забруднюючих домішок визначають шляхом їх виділення, ідентифікації та зважування за групами при розсіванні проб подрібненого цементобетону масою:

- 250 г – для матеріалів з розміром $D \leq 10$ мм;
- 1000 г – для матеріалів з розміром $D = 20$ мм;
- 5000 г – для матеріалів з розміром $D = 40$ мм.

Вміст забруднюючих домішок $W_{д}$, у відсотках за масою, обчислюють з точністю до 0,1 % за формулою (А.1):

$$W_{д} = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (\text{А.1})$$

де m_1 – сумарна маса домішок однієї групи, виділених з аналітичної проби фракціонованого матеріалу подрібненого цементобетону, г;

m – загальна маса аналітичної проби фракціонованого матеріалу подрібненого цементобетону, г.

А.2.3 Вміст хлоридів визначають роздільно для вторинного щебеню та піску з відсівів подрібненого цементобетону. Вміст хлоридів у вторинному щебені визначають згідно з 4.10.2 ДСТУ Б В.2.7-72. При визначенні вмісту хлоридів у піску з відсівів подрібненого цементобетону пробу для випробувань готують відповідно до 14.2.1.3 ДСТУ Б В.2.7-232 шляхом подрібнювання та просіювання; наважку відбирають згідно з 4.10.2 ДСТУ Б В.2.7-72. Вміст хлоридів у суміші визначають розрахунковим методом на підставі результатів хімічного аналізу складових.

А.2.4 Вторинний щебінь для використання в укріплених шарах дорожнього одягу, який задовольняє вимоги таблиці 1 та таблиці 2, може бути використаний у якості заповнювача для дорожніх бетонів за умов:

а) встановлення наступних обмежень за загальним вмістом забруднюючих домішок неорганічного та органічного походження (показник за Ч.ч. 1 таблиці 1):

1) у бетонних сумішах за винятком укочуваних бетонних сумішей – наявність не допускається;

2) в укочуваних бетонних сумішах – не більше ніж 1,0 % за масою;

б) наявності результатів визначення вмісту лугів, які слід ураховувати при підборі складу бетонних сумішей та бетонів;

в) вмісту хлоридів з розрахунку на іон хлору не більше ніж 0,1 % за масою.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

**ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ПОДРІБНЕНОГО
ДОРОЖНЬОГО ЦЕМЕНТОБЕТОНУ**

Таблиця Б.1 – Технічні характеристики навісних (на екскаватор) гідравлічних молотів для розбирання бетонних шарів дорожнього одягу

Марка, виробник	Енергія удару, Дж	Частота ударів за одну хвилину	Споряджена маса гідравлічного молоту, кг	Робочий тиск у гідравлічній системі, МПа	Примітка
H95ES, Caterpillar, США	2034	від 700 до 1260	Від 600 до 730	Від 16,0 до 17,0	Для екскаваторів масою від 7 т до 14 т, з рекомендованою потужністю двигуна 70 кВт.
H110ES, Caterpillar, США	2712	від 450 до 1000	Від 950 до 1080	Від 15,0 до 16,0	Для екскаваторів масою від 11 т до 18 т, з рекомендованою потужністю двигуна 90 кВт.

Таблиця Б.2 – Технічні характеристики подрібнювальних агрегатів (в складі подрібнювально-сортувальних установок) від виробника ЗАТ «Дробмаш» (Росія)

Марка агрегату моделі:		Найбільший розмір уламків матеріалу, що завантажується, мм	Продуктивність, м ³ /год	Потужність, кВт	Споряджена вага, т	Устаткування в складі агрегату, вид/модель
ПДСУ (на колісному шасі)	ТДСУ (на платформі)					
Агрегати крупного дроблення						
СМД-133	СМД-510	500	90	75	30/27	Щокова дробарка СМД-110 А
ДРО-618	ДРО-647	600	110	75	28,8/23,0	Щокова дробарка ДРО-529
-	ДРО-646	600	135	110	20	Роторна дробарка СМД-86-А
Агрегати середнього дроблення						
СМД-186	СМД-521	340	30	55/51	24/23	Пластинчастий живильник, щокова дробарка СМД-109А
СМД-186-30	ДРО-610	340	30	55	24,6/24,0	Вібраційний живильник, щокова дробарка СМД-109А
СМД-131А	СМД-511	210	44	90	25,5	Щокова дробарка СМД-108А (2 шт).
Агрегати дрібного дроблення						
-	ДРО-702-10	Від 40 до 80	не зазначено	75	17,6	Конусна дробарка ДРО-560
-	ДРО-702-30	Від 20 до 40	не зазначено	75	17,6	Конусна дробарка ДРО-560Т
Агрегати дроблення та сортування						
СМД-530	СМД-531	150	30	58,5/50,5	14,0/12,5	Роторна дробарка ДРО-542, грохот СМ-742
ДРО-573	ДРО-581	130	30	50,5/42,5	16,0/14,5	Щокова дробарка ДРО-549, грохот СМ-742

Таблиця Б.3 – Технічні характеристики сортувальних агрегатів (в складі подрібнювально-сортувальних установок) від виробника ЗАТ «Дробмаш» (Росія)

Марка агрегату моделі:		Розмір сита грохота, $a \times b$, м	Кількість сит, шт.	Найбільший розмір уламків матеріалу, що завантажується, мм	Потужність, кВт	Споряджена вага, т	Устаткування в складі агрегату, вид/модель
ПДСУ (на колісному шасі)	ТДСУ (на платформі)						
СМД-174А	СМД-513	1,50 x 4,25	2	200	15,0	11,0	Грохот СМД-148
СМД-174-10	СМД-513-10	1,50 x 4,25	2	100	15,0	11,0	Грохот СМД-148-10
-	ДРО-602	1,50 x 4,00	2	40	15,0	12,4	Грохот ДРО-607
-	ДРО-624	1,50 x 4,30	2	250	15,0	12,0	Грохот ДРО-598
-	ДРО-624-10	1,50 x 4,30	2	50	15,0	12,0	Грохот ДРО-598-10
-	ДРО-656	1,25 x 3,00	2	100	5,5	5,0	Грохот ДРО-742
-	ДРО-654	1,50 x 3,00	1	700	15,0	11,0	Грохот ДРО-633

Таблиця Б.4 – Технічні характеристики мобільних агрегатів для переробки будівельних відходів від виробника ЗАТ «Дробмаш» (Росія)

Модель	Найбільший розмір уламків матеріалу, що завантажується, мм	Потужність, кВт	Споряджена вага, т	Устаткування в складі агрегату, вид/модель
ДРО-703	425	75,5	27,5	Щокова дробарка ДРО-693, пластинчастий живильник, віброгрохоти, конвеєри, залізовідділювач**
ДРО-716А*	425	77,5	27,0	Щокова дробарка ДРО-693, вібраційний живильник, віброгрохоти, конвеєри, залізовідділювач**

* Призначений для переробки будівельних відходів, зокрема бетону міцністю на стиск до 150 МПа.
 ** Постачається на вимогу замовника

ДОДАТОК В
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1 ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I Проектування. Частина II Будівництво затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 21.09.2015 № 234

2 ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу; затверджені наказом Державної служби автомобільних доріг України від 15.10.2004 № 756

3 ВБН В.2.3-218-541:2010 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожніх одягів з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами; затверджені наказом Державної служби автомобільних доріг України від 03.03.2010 № 71

4 ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування затверджені наказом Міністерства інфраструктури України від 22.12.2016 № 460

5 Р А.2.2-218-02070915-714:2007 Рекомендації з проектування конструкцій дорожнього одягу із застосуванням шарів основи, які влаштовуються методом віброрезонансного руйнування

6 МР-218-02070915-633:2007 Методика проектування дорожнього одягу з конструкціями різного типу

7 МР В.3.2-218-03449261-672:2007 Методичні рекомендації з віброрезонансного руйнування цементобетонних покриттів

8 Р В.3.2-37641918-880:2017 Рекомендації з підбору складу та застосування щебенево-піщаних сумішей, укріплених комплексним бітумомінеральним в'язучим

9 ТК 03450778-162:2013 Технологічна карта на руйнування цементобетонного покриття за віброрезонансною технологією машиною RB-500

10 Альбом конструкцій дорожніх одягів з використанням цементовмісних матеріалів

11 АД А.2.4-37641918-004:2016 Альбом типових конструкцій нежорстких дорожніх одягів для доріг I – II категорії на навантаження 130 кН

12 Альбом типових конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу під розрахункові навантаження А1, А2, Б

13 ГОСТ 27412-93 Дробилки щековые. Общие технические условия