

# АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ



УДК 625.7/8

- © В.В. Мозговий, док. техн. наук, професор,
- © А.М. Онищенко, канд. тех. наук, доцент,
- © М.В. Гаркуша,
- © С.Ю. Аксьонов (НТУ)

## СУЧАСНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

**Анотація.** Розглянуто напрями підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг за рахунок забезпечення конструктивних, технологічних і матеріалознавчих факторів.

**Ключові слова:** колійність, деформація, дорожній одяг, асфальтобетонне покриття.

**Аннотация.** Рассмотрено направления повышения колеестойкости асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог за счет обеспечения конструктивных, технологических и материаловедческих факторов.

**Ключевые слова:** колеейность, деформация, дорожная одежда, асфальтобетонное покрытие.

**Annotation.** Considered directions to increase of resistance to rutting of asphalt pavement of highways due to providing of structural, technological and materials factors.

**Key words:** rutting, deformation, pavement, asphalt concrete pavement.

### Вступ

Утворення колії може відбуватись внаслідок впливу різних факторів: конструктивні – недостатня міцність дорожньої конструкції, накопичення залишкових деформацій у ґрунті земляного полотна, дроблення і доущільнення щеленевих шарів основи, пластичні деформації в асфальтобетонних шарах; технологічні – неоднорідність при виготовленні та укладанні асфальтобетонної суміші, недостатнє зчеплення між асфальтобетонними шарами покриття, недостатнє зчеплення між асфальтобетонним покриттям з основою, недостатнє ущільнення основи та асфальтобетонних шарів покриття; матеріалознавчі – застосування матеріалів з недостатньою стійкістю до накопичення залишкових деформацій матеріалів шарів основи та покриття конструкцій дорожнього одягу, а також низькі вимоги до фізико-механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів і особливо бітумного в'язучого, мінеральних матеріалів, асфальтобетонної суміші та асфальтобетону.

Залежно від кліматичних умов, транспортних навантажень, матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу може переважати один з перерахованих вище факторів утворення колії (рис. 1) або їх поєднання.

З метою забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття необхідно дотримуватись контролю якості всіх процесів при зведенні шарів дорожнього одягу, зокрема, при ущільненні не допускати температурної сегрегації суміші, що призводить до не доущільнення асфальтобетону, здійснювати контроль коефіцієнта кожної складової дорожнього одягу, не допускаючи дробимості зерен кам'яного матеріалу.

Підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття рекомендується забезпечувати за рахунок застосування комплексу заходів, направлених на підвищення стійкості до накопичення залишкових деформацій матеріалу покриття (шляхом диференційованого вибору типів, видів і марок асфальтобетонів відповідно до умов та кліматичних особливостей України), підвищенням жорсткості,

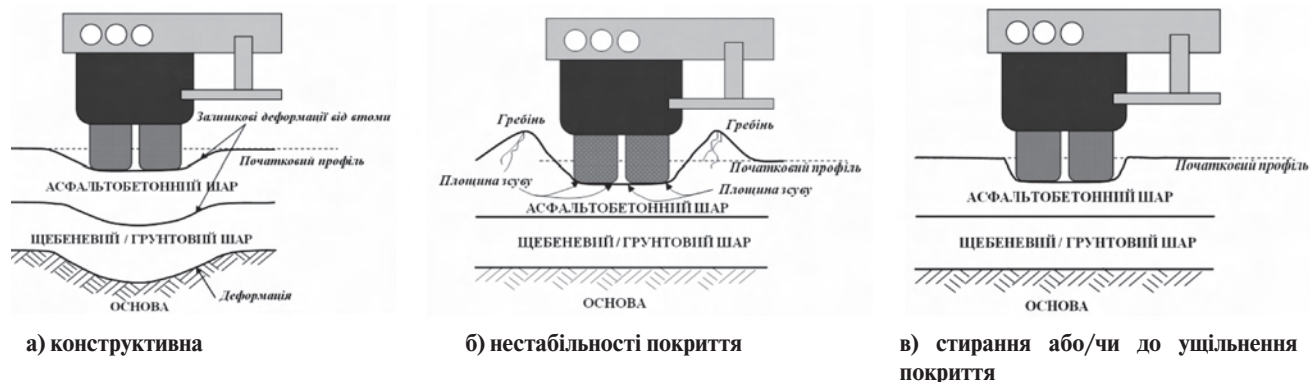


Рис. 1. Види пластичних деформацій (колії) нежорсткого дорожнього одягу

міцності і стабільності ґрунту земляного полотна та шарів основи, а також забезпечення необхідного зчеплення між шарами.

**Конструктивні заходи щодо підвищення колієстійкості дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям**

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття при конструюванні дорожнього одягу нежорсткого типу для важкого та інтенсивного руху слід дотримуватись наступних принципів:

- застосування в робочій зоні земляного полотна стабілізованих або укріплених неорганічними в'язучими ґрунтів;
- застосування у дренажних шарах основи штучного дробленого піску або щебенево-піщаних сумішей;
- застосування між ґрунтом земляного полотна та основою дорожнього одягу геотекстильних матеріалів [1];
- застосування між піщаною основою і щебеним шаром основи геотекстильних матеріалів [1];
- застосування в щебених шарах основи щебенево-піщаних сумішей не укріплених та укріплених неорганічними в'язучими [2];
- не застосовувати в шарах основи фракційний щебінь, фракційний щебінь з просочуванням та напівпросочуванням органічних в'язучих, а також чорний щебінь;
- забезпечення необхідного зчеплення між асфальтобетонними шарами [3];
- застосування в шарах основах колієстійких складів асфальтобетону;
- застосування для шарів асфальтобетонного покриття складів асфальтобетону з підвищеною стійкістю до накопичення залишкових деформацій [4].

При зведенні земляного полотна із зв'язних ґрунтів в місцях з II та III типом зволоження рекомендується застосовувати укріплення ґрунтів робочої зони земляного полотна неорганічними в'язучими. При цьому рекомендується обов'язково влаштовувати фільтруючі прошарки.

При застосуванні супіщаних і піщаних ґрунтів в основі земляного полотна, а також дренажних

шарів із піску та слабозв'язаних матеріалів рекомендується здійснювати додаткові розрахунки конструкції дорожнього одягу за критерієм граничного опору зсуву в цих матеріалах з урахуванням ослаблення асфальтобетонних шарів основи та покриття в літній період року.

В основному слід застосовувати щільний асфальтобетон I – II марок типів А, Б. Для умов дорожньо-кліматичних зон V-I і V-II на дорогах I і II категорій переважно слід використовувати асфальтобетони типів Б та щебенево-мастиковий асфальтобетон, незалежно від дорожньо-кліматичної зони.

Для запобігання колієутворення на автомобільних дорогах з рухом великовантажних транспортних засобів у верхньому шарі покриття рекомендується застосовувати асфальтобетонні суміші типу А, Б та ЩМА.

У нижніх шарах основи рекомендується використовувати щільні асфальтобетони із залишковою пористістю не менше 3 % та пористі асфальтобетони із залишковою пористістю не більше 7 %.

Товщину шарів з матеріалів, що містять органічне в'язуче й укладених на верхній шар основи із матеріалів, укріплених цементом, для обмеження появи "відбитих" тріщин на покритті потрібно приймати не меншою за товщину шарів, укріплених цементом. При цьому мінімальна товщина шарів з органічним в'язучим не повинна бути меншою 16 – 18 см.

Шари основи разом із верхніми шарами та покриттям повинні забезпечувати нормовану міцність конструкції, морозостійкість, а також дренажну здатність. Нижні шари основи, особливо із зернистих матеріалів, повинні мати здатність опору зсувним напруженням.

Розташування неукріплених зернистих матеріалів між шарами із матеріалів, оброблених в'язучим не допускається.

У районах і на ділянках із несприятливими погодно-кліматичними і ґрунтово-гідрологічними умовами для обмеження міграції вологи з нижніх шарів земляного полотна у верхні слід передба-



чати заходи щодо штучного регулювання водно-теплового режиму.

Необхідно передбачати в конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу можливо меншу кількість шарів (2 – 4 без урахування додаткових шарів) з різних матеріалів, використовуючи як основу пористий асфальтобетон. В окремих випадках, коли технічно й економічно доцільно, можна призначати і більше шарів дорожнього одягу.

Загальну товщину дорожнього одягу й товщини окремих конструктивних шарів остаточно визначають з розрахунку на міцність, морозостійкість та осушення.

Товщини проміжних шарів одягу з удосконаленим покриттям слід призначати такими, щоб під дією розрахункових навантажень у монолітних шарах основи з матеріалів, укріплених неорганічними в'язучими, полімерними чи в'язкими органічними в'язучими, а також комбінованими в'язучими, розтягуючі напруження при згині не перевищували допустимого, а в зернистих і малозв'язних матеріалах (гравій, пісок, суміші на основі рідких органічних в'язучих тощо) не виникали б недопустимі деформації зсуву і не відбувалась їх дезінтеграція. Ступінь дезінтеграції зернистих матеріалів визначають за методикою згідно з [5].

З урахуванням вищенаведених вимог рекомендується у зв'язку з безпекою утворення глибокої колії встановити обмеження для дорожніх покриттів за параметром допустимої глибини колії, який наведений у **табл. 1**.

Ділянки доріг з глибиною колії більше гранично допустимих значень відносять до небезпечних для руху автомобілів і вимагають негайного проведення робіт з усунення колії та підсилення дорожньої конструкції.

**Технологічні заходи при влаштуванні конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриття підвищеної колієстійкості**

З метою забезпечення однорідності робочої зони земляного полотна при його стабілізації та укріпленні рекомендується застосовувати холодний ресайклінг на дорозі або в установці.

З метою підвищення розподільчої та несучої здатності між ґрунтом земляного полотна й основою, між щебеневною основою й асфальтобетонним покриттям рекомендується використовувати, при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні, геосинтетичні матеріали. Також їх застосовують з метою підвищення стабільності ґрунту земляного полотна.

Для зменшення зволоження ґрунту земляного полотна й основи дорожнього одягу рекомендується передбачати такі заходи, як зміцнення узбіч, забезпечення їх належного поперечного похилу і водонепроникності, влаштування бордюрів і лотків, а також забезпечення безпечної відстані від брівки земляного полотна до рівня тривалих поверхневих вод, підвищене ущільнення (до  $k_{ущ} = 1,03...1,05$ ) верхньої частини робочого шару в дорожньо-кліматичних зонах У-II, У-III.

При влаштуванні асфальтобетонного покриття підвищеної колієстійкості рекомендується дотримуватись технологічного регламенту приділяючи особливу увагу наступним технологічним операціям:

- підготовка основи дорожнього одягу;
- підґрунтовка шару основи;
- транспортування асфальтобетонної суміші;
- укладання асфальтобетонної суміші;
- контроль якості робіт.

Всі роботи необхідно виконувати згідно з ДБН В 2.3–4 [6]. До початку влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу слід скласти та затвердити графік виконання робіт, розробити транспортну схему та технологічну карту на влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу.

**Регулювання властивостей матеріалів конструкцій дорожнього одягу для підвищення колієстійкості**

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття, окрім заходів направлено регулювання характеристик асфальтобетону, рекомендується застосовувати заходи із штучного укріплення незв'язних матеріалів шарів

Таблиця 1

Допустима глибина колії

Шифр району	Глибина колії на різних категоріях дороги, мм / розрахункова швидкість руху, км/год			
	I / > 120	II / 100	III / 80	IV – V / 60
A-1; A-2	5 / 20	12 / 27	20 / 35	27 / 45
A-3; A-4	5 / 20	12 / 27	20 / 35	27 / 45
A-5; A-6	10 / 25	15 / 30	25 / 40	30 / 50
A-7	10 / 25	15 / 30	25 / 40	30 / 50

**Примітка.** Вимоги до глибини колії у чисельнику допустима колія, у знаменнику гранично допустима глибина колії



Вимоги до бітуму, модифікованого полімерами

Назва показника	Значення показників БМП	Метод випробування
Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С, 0,1 мм, не менше	55 – 95	Згідно з ГОСТ 11501
Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С, не нижче	75	Згідно з ГОСТ 11506
Еластичність за температури 25 °С, %, не менше	80	Згідно з ДСТУ Б В.2.7–135

основи та ґрунту земляного полотна. Укріплення незв'язних матеріалів шарів основи та ґрунту земляного полотна дасть можливість підвищити їх міцність, водостійкість, що призведе до підвищення колієстійкості.

При укріпленні незв'язних матеріалів шарів основи та ґрунтів потрібно враховувати: вихідні властивості матеріалів та ґрунтів, умови експлуатації автомобільної дороги, виходячи із цього призначати відповідний метод укріплення.

Стійкість до накопичення залишкових деформацій робочої зони земляного полотна рекомендується підвищувати за рахунок оптимізації його зернового складу.

Ґрунт оптимального зернового складу повинен містити 60 – 80 % піщаних, 15 – 35 % пилуватих і 5 – 10 % глинистих частинок. При невідповідності зернового складу даного ґрунту оптимальному рекомендується приймати гранулометричну добавку.

В якості гранулометричної добавки рекомендується застосовувати: щебінь, гравій, пісок природний або пісок штучний дроблений (кам'яний відсів).

Укріплення ґрунту робочої зони земляного полотна неорганічними в'язучими рекомендується здійснювати для автомобільних доріг I, II категорій. Укріплений ґрунт повинен відповідати вимогам [7, 8].

Стійкість робочої зони земляного полотна рекомендується підвищувати за рахунок армування ґрунту, яке полягає у введенні в ґрунт спеціальних армуючих елементів [1, 9].

Для шарів основи нежорсткого дорожнього одягу не рекомендується застосовувати фракціонований щебінь та чорний щебінь методом заклинки у зв'язку з їх дезінтеграцією під час експлуатації при дії великовантажних транспортних засобів. Для цього рекомендується застосовувати рядовий щебінь або піщано-щебеневі суміші.

У шарах основи рекомендується застосовувати піщано-щебеневі суміші, укріплені неорганічними в'язучими.

Матеріалознавчі заходи з направленою регулювання характеристик асфальтобетону передбача-

ють застосування підходів, що підвищують колієстійкість асфальтобетону шарів покриття та основи. Із цією метою передбачається застосувати підвищені вимоги до складових асфальтобетонних сумішей, їх зернового складу та властивостей асфальтобетонних сумішей та асфальтобетону.

Для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття автомобільних доріг I, II, III категорій рекомендується застосовувати бітуми, модифіковані полімерами марок: БМП 40/60-56, БМП 60/90-52, БМП 90/130-49, які повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7–135 [10] та вимогам **табл. 2**.

Для підвищення колієстійкості рекомендується забезпечувати високі показники зчеплення бітумного в'язучого з поверхнею мінеральних матеріалів, із цією метою пропонується використовувати адгезійні добавки. Для забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття пропонується застосовувати бітумне в'язуче з урахуванням категорії дороги та дорожньо-кліматичного районування.

Щебінь для приготування асфальтобетонних сумішей необхідно використовувати із щільних гірських порід. Щебінь із металургійних шлаків повинен відповідати показникам традиційного.

Дрібні заповнювачі (пісок) повинні відповідати вимогам згідно з [11]. Рекомендується для підвищення колієстійкості асфальтобетонного покриття використовувати порошок мінеральний активований.

Зерновий (гранулометричний) склад мінеральної частини асфальтобетону для підвищення колієстійкості рекомендується застосовувати в асфальтобетонних шарах суміші типів А і Б згідно з [11].

Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон в залежності від категорії та дорожньо-кліматичного районування повинні відповідати вимогам до фізико-механічних властивостей [11]. Крім того асфальтобетон верхнього шару повинен відповідати вимогам колієстійкості згідно з **табл. 3**.





Таблиця 3

Вимоги до колієстійкості асфальтобетону

Назва показників	Норми відповідно до районування			
	A-1; A-2	A-3; A-4	A-5; A-6	A-7
1. Границя міцності при стиску $R_{50}$ , МПа, за температури 50 °С: – для асфальтобетонів із сумішей типів: А, не менше Б, не менше – для ЩМА, не менше	1,8 / 1,5 2,0 / 1,7 1,5 / 1,1	1,9 / 1,6 2,1 / 1,8 1,5 / 1,2	2,0 / 1,7 2,2 / 1,9 1,6 / 1,3	2,1 / 1,8 2,3 / 2,0 1,7 / 1,4
2. Глибина колії $w$ , мм, при температури випробувань 60 °С: – для асфальтобетонів із сумішей типів: А, не більше Б, не більше – для ЩМА, не більше	3,0	3,0	3,0	3,0
3. Коефіцієнт колієстійкості $[K_K^H]$ : – для асфальтобетонів із сумішей типів: А, не більше Б, не більше – для ЩМА, не більше	1,2	1,2	1,2	1,2

Перевірку асфальтобетону вимогам на колієстійкість здійснюють у наступній послідовності: перевіряють підібраний склад асфальтобетонної суміші за показником міцності при стиску за температури 50 °С ( $R_{50}$ , МПа) асфальтобетону; якщо задовольняється вимога за показником  $R_{50}$ , то здійснюють перевірку за показником глибини колії за температури 60 °С ( $w$ , мм); якщо задовольняється вимога за показником  $w$ , то здійснюють перевірку коефіцієнта колієстійкості  $[K_K^H]$  [4].

Температуру випробування приймають рівною максимальній температурі  $T_{max}^H$  покриття даного регіону і встановлюють за аналітичною залежністю:

$$T_{max}^H = (T_{max}^{ном} - 0,00618 \varphi^2 + 0,2289 \varphi + 42,2) \cdot (0,9545) - 17,78, \quad (1)$$

де  $\varphi$  – географічна широта об'єкта будівництва в градусах;

$T_{max}^{ном}$  – середня висока температура повітря за сім днів, °С.

Емпіричні коефіцієнти аналітичної залежності (2) рекомендується уточнювати на основі метеорологічних даних за останні 15 років для відповідного району будівництва. Значення встановлюють  $T_{max}^H$  з вірогідністю 0,98.

Показник однорідності асфальтобетонної суміші необхідно оцінювати за коефіцієнтом варіації показника границі міцності на стиск асфальтобетону за температури 50 °С. Він не повинен перевищувати для асфальтобетонів: для

автомобільних доріг I, II категорії – 15; для III категорії – 18.

Для підвищення колієстійкості асфальтобетону шарів покриття та основи рекомендується проектувати склад асфальтобетону для кожного конкретного об'єкта безпосередньо з використанням тих матеріалів, що передбачені на даному об'єкті будівництва. При цьому під час проектування складу асфальтобетону необхідно передбачати різні варіанти зернових складів і вибирати з них такий для влаштування асфальтобетонного покриття на автомобільних дорогах загального користування, який найкраще відповідає вимогам до стандартних фізико-механічних властивостей та вимогам цих рекомендацій, а також має найнижче значення показника стійкості асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій згідно з СОУ 45.02–00018112–020 [4].

Для підгрунтовки поверхні основи шару автомобільних доріг I, II та III категорії рекомендується застосовувати бітуми, модифіковані полімерами у відповідності з ДСТУ Б В.2–7–135. При використанні бітумного в'язучого його орієнтовна витрата складає (0,4 – 0,6) кг/м<sup>2</sup>, дані межі уточнюються експериментально на основі випробувань, вибираючи таку витрату бітумного в'язучого, що дає найкращі результати за показником міцності зчеплення при зсуві.

Бітумне в'язуче або бітумну емульсію необхідно наносити рівномірним шаром на сухий, чистий і рівний шар асфальтобетону.



**Вимоги до підґрунтовки**

Назва показника	Значення показників
Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С, 0,1 мм, не менше	45 – 65
Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С, не нижче	85
Еластичність за температури 25 °С, %, не менше	90
Зчеплюваність із поверхнею гранітного щебеню, бали, не менше	5
Міцність зчеплення, МПа, не менше – з бетоном чи залізобетоном	0,70

Рекомендується застосовувати бітум, модифікований полімером, який повинен відповідати вимогам згідно з [10] та вимогам **табл. 4**.

**Висновки**

Для забезпечення колієстійкості асфальтобетонного покриття при проектуванні дорожнього одягу необхідно керуватися наступними принципами:

а) конструкція дорожнього одягу в цілому повинна задовольняти транспортно-експлуатаційні вимоги, які висувають до дороги певної категорії з очікуваним у перспективі складом й інтенсивністю руху, з урахуванням зміни інтенсивності протягом заданих міжремонтних строків і передбачуваних умов ремонту й утримання;

б) конструкція одягу може бути прийнята типовою чи розроблена індивідуально для кожної ділянки або ряду ділянок дороги, що характеризуються подібними природними умовами (грунт робочого шару земляного полотна, умови його зволоження, клімат, забезпеченість місцевими дорожньо-будівельними матеріалами тощо) з однаковими розрахунковими навантаженнями;

в) у районах, недостатньо забезпечених стандартними кам'яними матеріалами, допускається (при відповідному обґрунтуванні) застосовувати місцеві кам'яні матеріали, побічні продукти промисловості та ґрунти, властивості яких можуть бути поліпшені шляхом їх обробки в'язучими матеріалами (цемент, бітум, вапно, активні золи виносу тощо) Одночасно треба прагнути до створення конструкції по можливості найменш матеріалоемної;

г) конструкція дорожнього одягу повинна бути технологічною й забезпечувати можливість максимальної механізації й автоматизації дорожньо-будівельних процесів. Для досягнення цієї мети кількість шарів і видів матеріалів у конструкції повинна бути мінімальною;

д) при конструюванні необхідно враховувати реальні умови проведення будівельних робіт (літня чи зимова технологія тощо) і досвід служби доріг у конкретному заданому районі.

При виборі матеріалів для влаштування шарів дорожнього одягу необхідно враховувати такі положення:

а) покриття і верхні шари основи повинні відповідати проектним навантаженням і бути водо-, морозо- і термостійкими, а також мати найкращі деформаційні якості і теплофізичні властивості;

б) конструкція дорожнього одягу в місцях зупинок громадського транспорту, на регульованих перехрестях і в інших місцях зміни швидкості руху чи на затяжних спусках повинна забезпечувати підвищений опір зсуву при високих літніх температурах.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. **ВБН В.2.3–218–544:2008.** Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві.
2. **ВБН В.2.3–218–189–2005.** Влаштування неукріплених та укріплених щебених і гравійних шарів основ дорожніх одягів.
3. **СОУ 45.2–00018112–046:2009.** Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві.
4. **СОУ 45.2–00018112–020:2009.** Асфальтобетон дорожній. Методи випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.
5. **Р А.2.2–218–02070915–714:2007.** Рекомендації з проектування конструкцій дорожнього одягу із застосуванням шарів основи, які влаштовуються методом вібро-резонансного руйнування.
6. **ДБН В.2.3–4:2007.** Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
7. **ВБН В.2.3-218–541:2010.** Влаштування шарів дорожнього одягу з ґрунтів, укріплених в'язучими матеріалами.
8. **ВБН В.2.3-218-002-95.** Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом.
9. **ВБН В.2.3–218–186–2004.** Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
10. **ДСТУ Б В.2.7–135:2007.** Будівельні матеріали. Бітуми, модифіковані полімерами. Технічні умови.
11. **СОУ 45.2–00018112–057:2010.** Будівельні матеріали. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів.