

УДК 691.168
UDC 691.168

DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.1-083-097

ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ЩОДО ДРЕНУЮЧОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

ESTABLISHMENT OF TECHNICAL REQUIREMENTS REGARDING DRAINING ASPHALT CONCRETE



Усиченко Олена Юрїївна, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, fbk@ukr.net, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.,

<https://orcid.org/0000-0002-7482-8420>



Желтобрюх Антон Дмитрович, аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національно транспортного університету. E-mail: antonoff18@gmail.com, тел. +380985510450.

<https://orcid.org/0000-0003-0764-8793>

Анотація. *Вступ.* Установлено, що пористий дренажний асфальтобетон (ДАБ) — це асфальтобетон каркасного відкритого типу, який спеціально розроблений з високим вмістом повітряних порожнеч, які призначені для видалення води з поверхні дорожнього покриття. Поверхні покриття, які включають дренажні асфальтобетони, проникні шари зносу та пористі асфальтові покриття, набувають все більшого визнання серед дорожньої галузі світу.

Дренажні асфальтобетони можуть бути чутливими до пошкоджень від замерзання та відтавання в холодному кліматі та потребуватимуть практики обслуговування взимку. Тривалість служби таких покриттів сильно відрізняється залежно від кліматичних умов, інтенсивності руху та навантажень, методів проектування та будівництва. Покриття з дренажного асфальтобетону було створено для збільшення безпеки на дорогах, але крім високих зчїпних характеристик вони володіють високою пористістю, яка забезпечує водонепроникність, що зменшує кількість поверхневої води і, таким чином, зменшує утворення бризок при дощовій погоді. Це веде до зниження ризику аквапланування і збільшення видимості на дорогах, а в кінцевому підсумку – до підвищення рівня безпеки автомобільних доріг.

Проблематика. Питання своєчасного відведення поверхневої води з дорожнього покриття є обов'язковим і вирішується шляхом надання поверхні дороги поперечного похилу. Як свідчить практика, це не достатньо забезпечує захист дорожнього покриття від негативного впливу води. Висока експлуатаційна безпека, підвищення експлуатаційних характеристик дорожнього покриття досягається завдяки усуненню з його поверхні скупчення водяних плям, які знижують зчеплення коліс з дорожнім покриттям. Ці якості можна покращити за рахунок впровадження дренажного асфальтобетону. Однак термін служби дренажних асфальтобетонів сильно відрізняється в залежності від кліматичних умов, інтенсивності руху та навантажень, концепцій проектування та методів

будівництва. Для подальшого вдосконалення поточних найсучасніших інструкцій щодо виробництва та застосування ДАБ для вирішення регіональних, дорожніх і кліматичних проблем, необхідний комплексний аналіз доступних на даний момент застосувань сумішей ДАБС для будівництва та обслуговування дорожніх покриттів.

Тому, на основі цього, сьогодні в Україні доцільно впровадити нормативні документи, які б регламентували проектування, виготовлення, технічні вимоги та виконання робіт за даною технологією, що дало б змогу для практичного використання, оптимізації та розвитку дорожньої галузі України в цьому напрямку.

Мета. Виробництво асфальтобетонних сумішей та влаштування дорожнього покриття із дренажного асфальтобетону. Оцінка нормативної бази світу та встановлення рекомендацій та технічних вимог щодо виробництва та влаштування дренажних асфальтобетонів.

Матеріали і методи. Експериментальні та експериментально-аналітичні.

Результати. Проведено аналіз існуючого досвіду використання дренажного асфальтобетону, умов його застосування. Теоретичні дослідження процесу формування асфальтобетону зі структурою із взаємопов'язаних відкритих пор. Проведено експериментальні дослідження з підбору зернового складу та вмісту бітуму в дренажному асфальтобетоні. Розроблено рекомендації з виробництва дренажних асфальтобетонних сумішей та влаштування з них покриття.

Висновки. Важливу роль в експлуатаційній надійності та довговічності дренажного асфальтобетону відіграють властивості складників, а також співвідношення між мінеральними матеріалами та бітумним в'язучим. Найбільшу увагу в європейських країнах приділяють вузькому зерновому складу сумішей, особливо вимогам до крупних заповнювачів та бітумних в'язучих. Для виробництва дренажного асфальтобетону використовують щебінь вузьких фракцій, оскільки він має особливий гранулометричний склад, на відміну від типових щільних та щебенево-мастикових асфальтобетонів має достатньо велику пористість та вимагає вкрай високої уваги та жорстких вимог до щебених матеріалів. Тому, важливим кроком для впровадження перспективної будівельної технології, була б розробка рекомендацій щодо дренажних асфальтобетонів в Україні, яка включатиме в себе технічні вимоги, рекомендації щодо проектування та застосування, правила приймання та методи контролю.

Ключові слова: дренажний асфальтобетон, дренажні асфальтобетонні суміші, зерновий склад, відкриті пори, пористість.

Вступ

Дренажний асфальтобетон (ДАБ) – це асфальтобетон каркасного типу з дуже великою кількістю порожнеч між зернами щебеню, які дозволяють воді вільно стікати через його структуру до непронижного шару. Переваги ДАБС, пов'язані з безпекою та навколишнім середовищем, були визнані в світі протягом багатьох років [7]. Використання таких сумішей сприяє видаленню води з поверхні покриття і тим самим забезпечує кращий коефіцієнт зчеплення між шинами та дорожнім покриттям, таким чином мінімізуючи аварійність у дощову погоду, і, в той же час, знижуючи рівень шуму від руху. На рис.1 показано різницю в пористості між дренажним і щільним асфальтобетоном. ДАБ дозволяє воді вільно проникати через його структуру завдяки високій пористості. Завдяки цьому пористі дренажні асфальтобетони поступово отримали визнання в усьому світі [7].

Дренажний асфальтобетон це пористий матеріал, який застосовують як шару зносу покриття автомобільних доріг поверх щільного асфальтобетону. У США цей матеріал отримав назву «Open graded friction course» («OGFC»), його застосовують вже понад 70 років [1].

Дренажні асфальтобетони набули широкого поширення в США та Європі. В США дренажні асфальтобетони з найбільшим вмістом бітуму 7 % використовують для влаштування шару зносу по зношеному асфальтобетонному покриттю, що підлягає ремонту. В Європейських країнах і Японії дренажний асфальтобетон використовують під час будівництва автомобільних доріг з метою підвищення зчеплення колеса автомобіля з покриттям під час дощу, оскільки вода не затримується на поверхні цього покриття і швидко по порам прямує до узбіч. Ця обставина виключає явище «аквапланування» при швидкому русі автомобіля. Так, при швидкості 100 км/год коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям з дренажного асфальтобетону знижується всього на 20 %, а з

покриттям з щільного асфальтобетонну - на 50 %, перевищуючи його за абсолютним значенням майже в 2 рази.



Рисунок 1 – Відмінність дренажних асфальтобетонів від типових щільних
Figure 1 – The difference between draining asphalt concrete and typical dense concrete

Вироблену за звичайною технологією високопористу асфальтобетонну суміш влаштовують на щільний асфальтобетон і ущільнюють виключно гладковальцевими самохідними котками. Найкращу дренажну здатність ущільнений шар має при товщині не менше ніж 4 см. Покриття з дренажного асфальтобетону дає менше шуму при русі транспортних засобів, ніж покриття з щільного шорсткого асфальтобетону. Дане покриття є колієстійким.

Дренажна здатність асфальтобетону залежить як від початкової пористості, так і від ступеня замулювання при русі транспортних засобів. Кольматація пор може бути зменшена шляхом влаштування укріплених узбіч і ліквідації з'їздів на ґрунтові дороги, а також вчасним і правильним утриманням в період експлуатації.

Відповідно до досвіду Англії, пористість поверхні поступово зменшується і через 4 роки дорівнює близько 50 % від початкової. За даними закордонних джерел, дренажний асфальтобетон розрахований на 15 років експлуатації автомобільної дороги.

Основна частина

Методика проектування дренажних асфальтобетонних сумішей, перші принципи якої були розроблені FHWA в 1974 році, відрізнялася від методики підбору для звичайних сумішей, що пов'язано з особливістю структури цього матеріалу. Незалежно від застосовуваного методу підбору складу висока пористість призводить до зниженої кількості міжзернових контактів і, як наслідок, до зниження довговічності дренажного асфальтобетону. Більшість методів проектування складу для поліпшення експлуатаційних характеристик рекомендує підвищити вміст в'язучого, використовувати більш в'язке в'язуче або ввести відповідні модифікуючі добавки [1].

Крім США активне застосування дренажного асфальтобетону мало місце і в інших країнах, серед яких можна відзначити Японію, Великобританію, Францію, Нідерланди, Німеччину. На відміну від дренажних асфальтобетонів, що використовуються в США (OGFC), в Європі дренажні асфальтобетони мають дещо більшу пористість від 18 % до 22 %, вимагають обов'язкового застосування бітуму, модифікованого полімером, і пред'являють більш високі вимоги до мінеральних матеріалів.

Проектування дренаючого асфальтобетону включає вибір заповнювачів та в'язучого, підбір гранулометричного складу та оптимального вмісту в'язучого, а також випробування асфальтобетонної суміші на стікання та асфальтобетону на стирання та водостійкість [8].

Першим кроком у процесі проектування дренаючих асфальтобетонних сумішей є вибір матеріалів, придатних для їх виробництва. До заповнювача висуваються жорсткі вимоги до стираності, вмісту подрібнених зерен, вмісту зерен лещадної та голчастої форм, а також до адсорбційної спроможності. Крупний заповнювач для дренаючих асфальтобетонів повинен бути достатньо міцним та витримувати транспортні навантаження, оскільки дренаючий асфальтобетон складається з заповнювача однакового розміру з малим вмістом дрібних частинок і має структуру «камінь на камені». Тому, було проведено випробування вихідних матеріалів, результати яких наведено в таблиці 1 та таблиці 2.

Таблиця 1 – Випробування бітуму
Table 1 – Bitumen testing

Ч. ч.	Найменування показника	Результат випробування
1	Однорідність	У в'язучому відсутні згустки та частинки полімеру
2	Глибина проникності голки (пенетрація) за температури 25 °С, 0,1 мм	59
3	Температура розм'якшеності за кільцем і кулею, °С	70,0
4	Розтяжність (дуктильність) за температури 25 °С, см	91
5	Розтяжність (дуктильність) за температури 0 °С, см	23
6	Еластичність за температури 25 °С, %	90
7	Температура крихкості, °С	нижче ніж мінус 30
8	Зчеплюваність з поверхнею щебеню, бал	5
9	Зчеплюваність з поверхнею скла, %	100
10	Залишкова пенетрація, %	86
11	Зміна температури розм'якшеності після прогріття, °С	4,2

Щебінь, який використовують для виробництва дренаючого асфальтобетону, повинен мати значення стираності менше ніж 30 %. При використанні менш міцного щебеню слід бути обережним, оскільки є ймовірність надмірного руйнування заповнювача під час виробництва асфальтобетонної суміші та її ущільнення.

Подібно до щільних сумішей, ступінь поглинання може впливати на експлуатаційні властивості дренаючого асфальтобетону. Перевагу треба надавати заповнювачам з відносно низьким водопоглинанням (менше ніж 2 %) [8].

На другому етапі було виконано підбір гранулометричного складу в залежності від області застосування дренаючих асфальтобетонів згідно технічних норм. У кожній конкретній європейській країні ці норми прив'язані до наявних умов і накопиченого досвіду. Так, в Німеччині, таким документом є «TL Asphalt-StB 07 Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen» [3], який і було взято за основу для виконання цього етапу. Згідно з цим документом температура дренаючої асфальтобетонної суміші повинна бути в межах (140 – 170) °С. Застосування фрезерованого асфальтобетону не допускається. Зернові склади дренаючих асфальтобетонних сумішей в Німеччині, в залежності від максимального розміру зерен щебеню (TL Asphalt-StB07) [3], представлено в таблиці 3. При цьому регламентуються: пористість - в межах від 24 % до 28 %, мінімальний вміст в'язучого – від 5,5 % до 6,5 %, в залежності від максимального розміру щебеню. Застосування стабілізуючих добавок обов'язкове. Дуже жорсткі вимоги пред'являються до мінеральних заповнювачів по стійкості до зносу та вмісту подрібнених зерен (100 %)

Таблиця 2 – Випробування вихідних щебневих матеріалів
Table 2 – Testing of raw crushed stone materials

Ч. ч.	Найменування показників	Фактичні значення показників для фракції	
		5 - 10	10 - 20
1	Зерновий склад за повним залишком на контрольних ситах:		
	- 1,25 $D_{найб}$, % за масою	0	0
	- $D_{найб}$, % за масою	6	7
	- 0,5 ($D_{найм} + D_{найб}$), % за масою	60	62
	- $D_{найм}$, % за масою	95	93
2	Вміст пиловидних та глинистих часток, % за масою	0,60	0,3
3	Вміст глини у грудках, % за масою	0,0	0,0
4	Група за формою зерен	кубовидна	кубовидна
5	Марка щебеню за міцністю	1200	1200
6	Вміст зерен слабких порід, % за масою	0,6	0,4
7	Марка щебеню за стиранистю	Ст-I	Ст-I
8	Марка щебеню за морозостійкістю	F300	F300
9	Дійсна щільність, г/см ³	2,80	2,80
10	Середня щільність, г/см ³	2,72	2,71

Оскільки для виробництва дренажного асфальтобетону використовують щебінь вузьких фракцій, наявні фракції щебеню було розсіяно з використанням сит з квадратними отворами на фракції 11/16, 8/11 та 5/8 [8].

Підібраний гранулометричний склад мінеральної частини асфальтобетонних сумішей для дренажного асфальтобетону було підібрано методом граничних кривих та наведено в таблиці 3. Для прикладу показано графічне зображення підбраного зернового складу для суміші ДАБС 11 на рисунку 2.

Таблиця 3 – Підібраний гранулометричний склад мінеральної частини
Table 3 – Selected granulometric composition of the mineral part

Розмір отворів сита, мм	Повний прохід, % за масою, в залежності від типу дренажного асфальтобетону								
	ДАБС 16			ДАБС 11			ДАБС 8		
22,4	100	100	100	-	-	-	-	-	-
16	90	100	95	100	100	100	-	-	-
11,2	5	15	10	90	100	95	100	100	100
8	-	-	-	5	15	10	90	100	95
5,6	-	-	-	-	-	-	5	15	10
2	5	10	6	5	10	7	5	10	9
0,063	3	5	3,5	3	5	4	3	5	4,5

Для встановлення оптимального вмісту бітуму було вироблено асфальтобетонні суміші з максимальним розміром зерен 16 мм, 11 мм та 8 мм та вмістом бітуму від 5,5 % до 7,5 %.

Виробництво асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах виконували відповідно до ДСТУ EN 12697-35 [10].

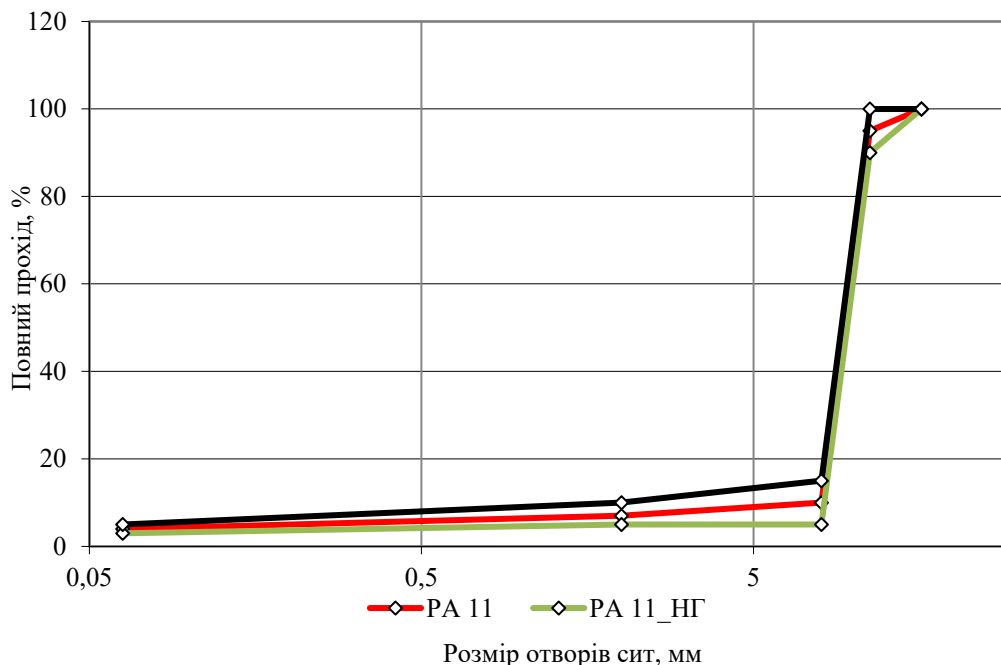


Рисунок 2 – Графічне зображення зернового складу суміші ДАБС 11
Figure 2 – Graphic representation of the grain composition of the DAC 11 mixture

Для приготування дренаючих асфальтобетонів рекомендовано використовувати бітум, модифікований полімером, на дві марки вище ніж зазвичай використовують в даному регіоні в залежності від максимальної температури повітря впродовж 7 діб [2]. Для підвищення міцності та довговічності рекомендовано також використання волокнистих стабілізуючих добавок в кількості від 0,3 % до 0,6 %. Оптимальний вміст в'язучого визначають за результатами виконання ряду випробувань суміші та зразків, ущільнених методом Маршала.

Один з результатів випробування дренаючого асфальтобетону залежно від максимального розміру зерен 11 мм наведено в таблиці 4. Також для прикладу, показано залежність залишкової пористості в залежності від вмісту бітуму у ДАБС. (рис. 3).

Таблиця 4 – Результати випробування дренаючого асфальтобетону ДАБ 11
Table 4 – Test results of the draining asphalt concrete DAC 11

Найменування показника, одиниця вимірювання	Результати випробування дренаючого асфальтобетону ДАБ 11 з вмістом бітуму, %		
	6,0	6,5	7
Пористість мінеральної частини, %	34	33,3	32,1
Залишкова пористість, %	23,2	22,4	21,2
Міцність, кН	22,1	23,6	24,1

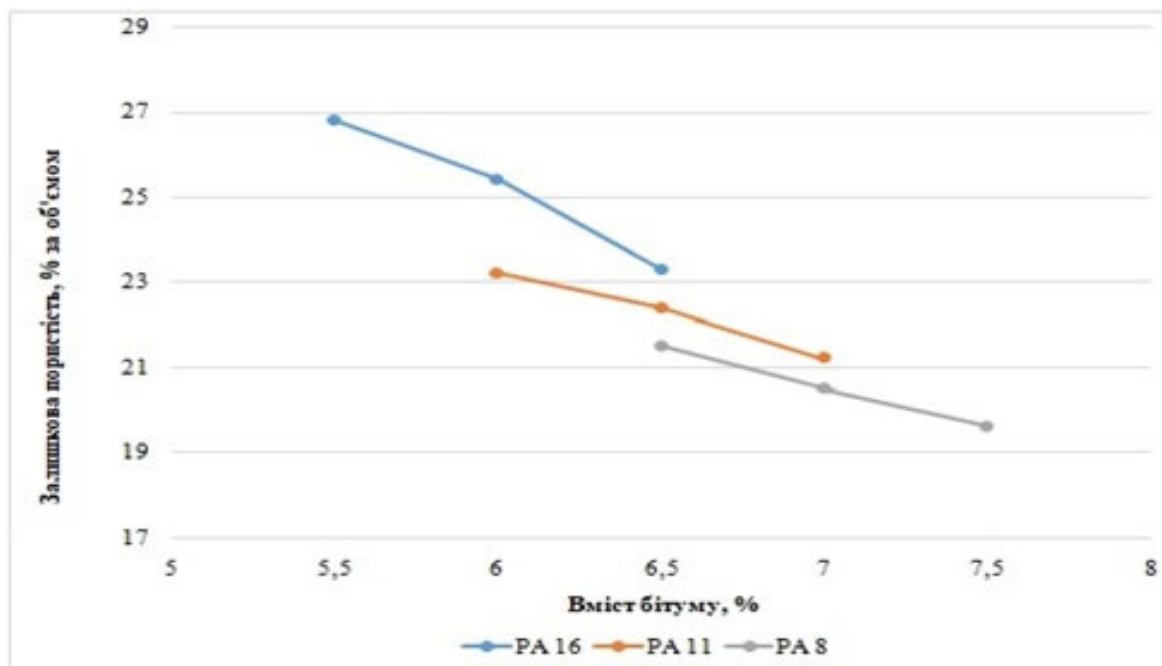


Рисунок 3 – Залежність залишкової пористості асфальтобетону від вмісту бітуму
Figure 3 – Dependence of residual porosity of asphalt concrete on bitumen content

Вибір оптимального вмісту бітумного в'язучого виконують виходячи з економічних міркувань і накопиченого досвіду та за результатами виконання ряду випробувань суміші та зразків, ущільнених методом Маршала. Вміст в'язучого залежить від типу суміші. Так, наприклад, для типу ДАБ 8 мінімальний вміст бітуму становить 6,5 %, а для типу ДАБ 16 – 5,5 % [9].

При проектуванні конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу з дренажним асфальтобетоном виконують основні принципи проектування відповідно до ГБН В.2.3-37641918-559. При цьому необхідно враховувати максимальну інтенсивність зливових опадів. Найбільш сприятливими умовами для експлуатації дренажних покриттів є такі, що відповідають водно-тепловому режимові теплого періоду року. Тому, для можливості ефективної експлуатації таких покриттів у природних умовах України, що характеризуються досить тривалим холодним періодом з пониженими температурами потрібні водостійкі асфальтобетони. Під час вибору дренажного асфальтобетону необхідно враховувати критичний період роботи дренажного асфальтобетону, а саме максимальну інтенсивність зливових опадів [9].

За аналізом Довідника № 4 розроблено карту України за інтенсивністю зливових опадів. Завдяки цьому можна виконати поділ території за інтенсивністю зливових опадів на дев'ять зон з інтенсивністю зливових опадів від менше ніж 0,113 мм/хв до більше ніж 0,183 мм/хв. Більш інтенсивні опади мають місце на західній та південній частині України. При цьому, на західній Україні більш низькими є температури нагрівання покриття. Використання даної карти дозволить виконувати вибір виду дренажного асфальтобетону та його необхідну товщину.

Другою важливою характеристикою є кліматичні умови роботи дренажного асфальтобетону. Умовно територію України за кліматичними умовами роботи дренажного асфальтобетону можна розділити на три райони. Для кожного району буде визначено рекомендовані марки бітуму. При цьому, для дренажного асфальтобетону обов'язково треба використовувати бітум, модифікований полімером. Враховуючи те, що дренажний асфальтобетон містить незначну кількість дрібних зерен та на 90 % складається переважно з однофракційного щебеню, для його виробництва необхідно використовувати більш в'язкі бітуми, ніж це наразі передбачено для щільних асфальтобетонних сумішей, оскільки в дренажному асфальтобетоні практично не відбувається структурування бітуму [9].

Враховуючи максимальну інтенсивність зливових опадів та районування за кліматичними умовами роботи дренуючого асфальтобетону, було встановлено вимоги до бітуму та розроблено конструкції дорожнього одягу для різних категорій автомобільних доріг.

Для забезпечення водонепроникності основи та належного зчеплення з нею дренуючого асфальтобетонного покриття обов'язковою умовою є нанесення підґрунтовки бітумною емульсією. Це дозволяє згерметизувати пори в шарі основи та в подальшому не допускає потрапляння через дренуючий асфальтобетон води в нижче розміщені шари.

Проаналізувавши інформацію, нормативно-технічну базу європейських країн, властивості та принципи, провівши всі експериментальні дослідження було розроблено та впроваджено Р В.2.7-37641918-919:2021 «Рекомендації з виробництва та влаштування дренуючого асфальтобетону» [15]. Ці рекомендації поширюються на виробництво та влаштування дренуючих асфальтобетонних сумішей (далі —ДАБС) та асфальтобетони з них (далі —ДАБ) на автомобільних дорогах загального користування та призначені для використання дорожніми підприємствами і організаціями, незалежно від форми їх власності, які виконують роботи з будівництва і ремонту автомобільних доріг загального користування. У цих рекомендаціях подано класифікацію за найбільшим максимальним номінальним розміром зерен заповнювача, технічні вимоги до матеріалів, складу, властивостей, виробництва тощо.

У процесі проектування ДАБС дуже важливим етапом є вибір матеріалів, придатних для їх виробництва. Особливу увагу було приділено заповнювачам. Вимоги до заповнювачів є досить різноманітними і вони, в основному, стосуються основних властивостей, які впливають на характеристики ДАБ і пов'язані з розміром зерен. Це призвело до появи багатьох вимог до окремих фракцій – одні до крупних (активних) заповнювачів, інші – до дрібних. Вимоги до крупного заповнювача насамперед представлені його міцністю (стійкість до дроблення або роздавлювання), відсотком подрібненості, вмістом пилюватих частинок, формою зерен, стійкістю до полірування та стійкістю до зовнішніх факторів. Вимоги до дрібного заповнювача представлені гострокутністю (показником текучості), вмістом пилюватих частинок та відсутністю в них частинок, що набрякають.

Виходячи з типу каркасу із крупного заповнювача основною його властивістю є стійкість до дроблення. Цю стійкість в більшості європейських країн оцінюють з використання методу Los Angeles (індекс LA). Діапазон допустимого індексу LA в національних специфікаціях зазвичай становить від 20 % до 30 %. Загалом, стійкість до дроблення має вирішальне значення, і її необхідно перевіряти, оскільки використання слабких заповнювачів може призвести до незадовільної роботи всього шару. В Україні додатково оцінюють міцність крупного заповнювача за дробильністю при стисненні, тобто ми використовуємо додаткові показники для оцінювання міцності крупного заповнювача. Тому для виробництва ДАБС треба використовувати щебінь та пісок з відсівів із вивержених або метаморфічних гірських порід та мінеральний порошок згідно з ДСТУ EN 13043. Вимоги да щебеню та піску представлені в рекомендаціях наведено в таблицях 5, 6 [15].

Таблиця 5 – Вимоги до властивостей крупного заповнювача (щебеню) для виробництва ДАБС
Table 5 – Requirements for the properties of coarse aggregate (crushed stone) for the production of DAC

Ч. ч.	Найменування показника	Категорія згідно з ДСТУ EN 13043
1	Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми	SI ₁₅
2	Стійкість до подрібнення	LA ₂₀ , SZ ₁₈
3	Водопоглинання	W _{cm0,5}
4	Морозостійкість	F ₁
5	Вміст пилюватих і глинистих часток заповнювачі: - фракції 2/5, 5/8 - фракції 8/11	f ₂ f ₁

Таблиця 6 – Вимоги до властивостей дрібного заповнювача (піску) для виробництва ДАБС
Table 6 – Requirements for the properties of fine aggregate (sand) for the production of DAC

Ч. ч.	Найменування показника	Категорія згідно з ДСТУ EN 13043
1	Фракція	G _F 85
2	Вміст пилюватих і глинистих часток	f ₃

Застосування стабілізуючих добавок обов'язкове. Вимог до стабілізуючих добавок практично не існує. Тим паче, перевірити їх у виробничій лабораторії проблематично. В основному для підтвердження якості стабілізуючої добавки використовують показник стікання. В окремих країнах встановлено вимоги до її вологості та термостабільності. За відповідними показниками стабілізуючі добавки також оцінюють в Україні. Для виробництва ДАБС треба використовувати стабілізуючі добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [14].

Найперше та найважливіше завдання, це якісно підібрати склад ДБАС, оскільки це в подальшому може сприяти уникненню ряду проблем. Перший крок, який необхідно зробити – це встановити найбільший номінальний розмір зерен заповнювача у суміші. Під час розгляду цього питання треба враховувати розташування шару ДБАС у конструкції дорожнього одягу, розрахунок товщини шару після ущільнення, транспортне навантаження, розташування ділянки дороги. Зерновий склад мінеральної частини ДАБС має відповідати вимогам таблиці 7. Мінімальну кількість бітуму та стабілізуючої добавки у складі ДАБС наведено в таблиці 8.

Таблиця 7 – Вимоги до зернового складу ДАБС
Table 7 – Requirements for grain composition of DAC

Вид	Вміст мінеральних зерен, % за масою, менших даного розміру, мм						
	22	16	11	8	5	2	0,063
ДАБС 11		100	90-100	5-15	-	5-10	3-5
ДАБС 8			100	90-100	5-15	5-10	3-5

Таблиця 8 – Вимоги до мінімального вмісту бітумного в'язучого та стабілізуючої добавки у складі ДАБС

Table 8 – Requirements for the minimum content of bituminous binder and stabilizing additive in the composition of DABS

Вид	Мінімальний вміст бітуму, % за масою	Мінімальний вміст стабілізуючої добавки, % за масою
ДАБС 11	6,0	0,4
ДАБС 8	6,5	0,5

Згідно рекомендацій показник стікання в'язучого з ДАБС повинен становити не більше ніж 0,15% за масою [15].

Мабуть найбільш використовуваними та перевіреними у всьому світі є об'ємні властивості ДАБ. Відповідно до об'ємних підходів основною вимогою є забезпечення потрібного вмісту порожнеч в ущільнених зразках. Механічні вимоги визначають рідко, тоді як властивості, пов'язані з

експлуатаційною надійністю, переважно застосовують до ДАБ для автомобільних доріг із значним транспортним навантаженням. У таблиці 9 наведено встановлені вимоги до ДАБ.

Таблиця 9 – Вимоги ДАБ
Table 9 – Requirements for DAC

Ч. ч.	Найменування показника	Вимоги до властивостей ДАБ
1	Залишкова пористість, % за об'ємом	від 18 до 26
2	Коефіцієнт водостійкості, не менше	0,90
3	Проникність (горизонтальна та вертикальна)	не нормується, визначення обов'язкове
4	Глибина колії після 20000 проходів колеса, при еквівалентному навантаженні на нього 57,5кН та температурі випробування 50 °С	не нормується, визначення обов'язкове
5	Стираність	не нормується, визначення обов'язкове

Варто зауважити, що показник 3, 4 та 5 визначають під час підбору складу ДАБС з метою накопичення даних та встановлення залежності проникності від залишкової пористості.

Рекомендовані температури нагрівання бітумного в'язучого під час виробництва ДАБС, температуру нагрівання заповнювачів на виході із сушильного барабана, температуру ДАБС на виході зі змішувача та на початку ущільнення наведено в таблиці 10. Зазначені температури уточнюють експериментально для кожного запроєктованого складу ДАБС у конкретних умовах виробництва [15].

Таблиця 10 – Температура нагрівання складових під час виробництва ДАБС і температура ДАБС на виході із змішувача та на початку ущільнення

Table 10 – The temperature of heating the components during the production of DAC and the temperature of DAC at the exit from the mixer and at the beginning of compaction

Ч. ч.	Марка бітуму	Температура, °С			
		бітуму, що подають у змішувач	заповнювачів на виході із сушильного барабана	ДАБС на виході зі змішувача	ДАБС на початку ущільнення
1	БМПШ 35/50-70, БМКП 35/50-70	від 160 до 170	від 170 до 180	від 155 до 170	від 145 до 160
2	БМПШ 50/70-65, БМКП 50/70-65	від 150 до 160	від 165 до 175	від 150 до 165	від 140 до 155

Примітка. У разі використання добавок на основі поверхнево-активних речовин температуру суміші й температуру нагрівання заповнювачів та бітуму може бути знижено.

Допустима похибка дозування компонентів під час виробництва ДАБС не повинна перевищувати:

- для щебеню та піску $\pm 3\%$;
- мінерального порошку та бітуму $\pm 1,5\%$;

—стабілізуючої добавки $\pm 1,0\%$

Відхилення зернового складу мінеральної частини ДАБС у межах вимог таблиці 7 не допускається.

Виробництво запроєктованої суміші треба виконувати у змішувачах періодичної дії. Каркас суміші складається з однофракційного щебеню, тому питома поверхня нагріваного матеріалу є набагато меншою, ніж для щільних сумішей і піддається більшому впливу полум'я, тому треба слідкувати, щоб температура матеріалу була не дуже високою та постійною.

Температурний діапазон та часовий діапазон між завершенням виробництва суміші та її укладанням суміші не дуже великий, що пов'язано з низькою температурою її випуску. Це обумовлює те, що час транспортування суміші не повинен перевищувати 45 хвилин. Температура ДАБС на автомобілях-самоскидах на початку вивантаження в асфальтоукладач повинна відповідати вимогам таблиці 10. Укладання шару з ДАБС виконують за температури повітря не нижче ніж 10°C . Не допускається влаштування шарів дорожнього одягу з ДАБС у дощову погоду, на мокрій або замерзлий шар основи.

Влаштування ДАБС виконують по всій ширині покриття. Якщо ширина укладання буде більшою за технічну ширину укладання асфальтоукладачем, дозволено укладати ДАБС декількома асфальтоукладачами. При цьому відстань між асфальтоукладачами повинна становити від 10м до 30м. Якщо ДАБС однакового складу надходить на ділянку будівництва більше ніж з одного АБЗ, то ДАБС з кожного АБЗ повинна укладатись окремим асфальтоукладачем.

Продуктивність асфальтоукладача, асфальтобетонного заводу, транспортних засобів та ущільнюючих котків повинні бути узгоджені так, щоб асфальтоукладач працював безперервно та рухався з постійною швидкістю. Зупинки асфальтоукладача слід звести до мінімуму, оскільки вони негативно впливають на рівність влаштованого шару покриття. Швидкість асфальтоукладача не повинна бути більшою ніж 3м/хв. Після проходження асфальтоукладача на поверхні укладеного шару не повинно бути раковин, нерівностей, порушення суцільності й інших дефектів. До початку ущільнення шару котками помічені дефекти необхідно виправити вручну шляхом додавання й розрівнювання гарячої суміші або видаленням матеріалу. Одразу після укладання ДАБС її рівномірно ущільнюють укочуванням. Схему руху котків приймають аналогічною схемі руху при ущільненні гарячих асфальтобетонних сумішей. Прийнятій схемі руху котків необхідно дотримуватись на всій ділянці та площі, щоб забезпечити необхідну щільність шару. Для ущільнення укладеного шару ДАБС треба використовувати гладковальцеві котки масою не менше ніж 8т. Забороняється використовувати пневматичні котки. Швидкість руху котків на початку ущільнення не повинна перевищувати більше ніж 5 км/год. Котки повинні рухатись ведучим вальцем вперед у напрямку влаштування шару. Ущільнення повинно розпочинатися з нижньої кромки шару, чергові проходи котка повинні зміщуватись у напрямку вищої кромки з перекриттям попередніх проходів.

У процесі ущільнення для забезпечення необхідного рівня ущільнення рекомендовано використовувати радіоізотопні щільноміри. ДАБС треба ущільнити до досягнення щільності, що становить не менше ніж 0,98 від проектного значення щільності. Завершальне ущільнення повинне розпочинатися з вищої кромки шару, а чергові проходи котка повинні зміщуватись у напрямку нижньої кромки з перекриттям попередніх проходів. Товщина ущільненого асфальтобетонного шару дорожнього одягу із ДАБС 11 має становити від 5 см до 6 см, з ДАБС 8 — від 4 см до 5 см.

Під час експлуатаційного утримання автомобільних доріг із шаром зносу з дренажного асфальтобетону для боротьби із ожеледицею заборонено використовувати піщано - соляні суміші. Необхідно здійснювати превентивні заходи з нанесення рідких протижеледних матеріалів.

Контролювання якості ДАБС та ДАБ здійснюють згідно з стандартами серії ДСТУ EN 12697. Зразки із ДАБС виготовляють згідно з ДСТУ EN 12697-30. Температура ДАБС під час виготовлення зразків має відповідати вимогам таблиці 10 для випадку початку ущільнення. Детальні та повні правила, вимоги та рекомендації відображено в Р В.2.7-37641918-919:2021 «Рекомендації з виробництва та влаштування дренажного асфальтобетону» [15].

Висновки

Дренуючий асфальтобетон є перспективним дорожньо-будівельним матеріалом, застосування якого може підвищити безпеку руху на автомобільних дорогах, а також зменшити шум від транспорту.

Відповідно до досвіду Англії, пористість поверхні поступово зменшується і через 4 роки дорівнює 50 % від початкової. Незважаючи на велику відкриту пористість дренуючий асфальтобетон є досить водо- і морозостійким. Відповідно до закордонних даних, дренуючий асфальтобетон розрахований на експлуатацію в покритті автомобільної дороги впродовж 15 років.

Незважаючи на свої переваги з точки зору споживчих властивостей, при застосуванні дренуючих асфальтобетонів в умовах України можуть виникнути проблеми пов'язані із застосуванням протижелезних матеріалів у вигляді піщано-соляних сумішей. Подібні матеріали забивають пори в дренуючому асфальтобетоні. Застосування дренуючого асфальтобетону можливо при переході на хімічний спосіб боротьби з ожеледицею (застосування чистих солей), а також організацією промивання коліс автомобілів при в'їзді на ділянки з дренуючим асфальтобетоном, або очищення та промивання в період експлуатаційного утримання покриття з дренуючого асфальтобетону.

Проектування складу асфальтобетонної суміші для дренуючого асфальтобетону включає підбір вихідних матеріалів, підбір оптимального їх співвідношення в асфальтобетонній суміші, підбір оптимального вмісту в'язучого та оцінювання водостійкості та залишкової пористості зразків дренуючого асфальтобетону.

Товщину шару з дренуючого асфальтобетону треба призначати з урахуванням кількості опадів в районі будівництва, поперечного та поздовжнього похилу основи, а також дренуючих властивостей дренуючого асфальтобетону. Оскільки шар дренуючого асфальтобетону влаштовують як шар зносу, то для нього не встановлюють розрахункові характеристики.

Проаналізувавши інформацію, нормативно-технічну базу європейських країн, властивості та принципи, провівши всі експериментальні дослідження було розроблено та впроваджено Р В.2.7-37641918-919:2021 «Рекомендації з виробництва та влаштування дренуючого асфальтобетону», які включають в себе технічні вимоги, рекомендації щодо проектування та застосування, правила приймання та методи контролю.

Впровадження дренуючого асфальтобетону та проведення лабораторних досліджень з встановлення додаткових вимог до проектування складу та визначення таких показників, як проникність (горизонтальна та вертикальна), глибина колії після 20000 проходів колеса, при еквівалентному навантаженні на нього 57,5кН та температурі випробування 50 °С, стираності дозволить накопичити дані для удосконалення існуючих та впровадження нових нормативних документів та встановлення залежності проникності від залишкової пористості.

Перелік посилань

1. Gregory J., Taylor P.E. (Copyright 2014). Open-Graded Friction Courses (OGFC). 22 p. URL: <https://www.cedengineering.com/userfiles/Open-Graded%20Friction%20Courses.pdf> (дата звернення: 07.02.2022).
2. MS-2 Asphalt mix design methods. 7th edition. USA, 2014. 199 p. URL: https://yapim.otoyolas.com.tr/wpcontent/uploads/kaliteyayinlari/16_EK_2_MS_2_asphalt_mix_design_methods.pdf (дата звернення: 20.04.2020).
3. TL Asphalt - StB 07 Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen.
4. Prithvi S., Kandhal, P.E., Associate Director National Center for Asphalt Technology (2002). Design, Construction, and Maintenance of Open-Graded Asphalt Friction Courses. URL: http://driveasphalt.org/assets/content/resources/IS-115_Open_Graded_Aspphalt_Friction_Courses.pdf (дата звернення: 20.04.2020).

5. H. Zhang, K. Anupam, A. Scarpas, C. Kasbergen & Sandra Erkens (2019): Effect of stone-on-stone contact on porous asphalt mixes: micromechanical analysis, *International Journal of Pavement Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1654105> (дата звернення: 20.04.2020).

6. Pavement Interactive, Open Graded Friction Courses – Keeping an Open Mind. 2011. URL: <https://pavementinteractive.org/open-graded-friction-courses-keeping-an-open-mind/> (дата звернення: 20.04.2020).

7. Jian-Shiuh Chen, Chin Hung Yang (2020): Porous asphalt concrete: A review of design, construction, performance and maintenance, *International Journal of Pavement Research and Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0039-7> (дата звернення: 3.04.2023).

8. Желтобрюх А. Д., Копинець І. В., Соколов О. В. Особливості проектування та використання дренажного асфальтобетону. *Дороги і мости*. Київ, 2020. Вип. 21. С. 168-176. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.168>.

9. Желтобрюх А. Д., Копинець І. В., Результати експериментів із підбору складу дренажного асфальтобетону. *Дороги і мости*. Київ, 2022. Вип. 25. С. 40-47. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.25.040>.

10. ДСТУ EN 12697-35:2019 (EN 12697-35:2016, IDT) Бітумомінеральні суміші. Методи випробування. Частина 35. Лабораторне змішування. Київ, 2020. 24 с. (Інформація та документація).

11. EN 13108-7:2016 Bituminous mixtures – Material specifications – Part 7: Porous Asphalt.

12. ASTM D7064/D7064M-08 (2013) Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Mix Design.

13. ASTM D6932 / D6932M - 08(2013) Standard Guide for Materials and Construction of Open-Graded Friction Course Plant Mixtures.

14. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебеневі-мастиківі. Технічні умови. Київ. 2015. 26 с. (Інформація та документація).

15. Р В.2.7-37641918-919:2021 Рекомендації щодо виробництва та влаштування дренажного асфальтобетону. Київ. 2021. 16 с. (Інформація та документація).

ESTABLISHMENT OF TECHNICAL REQUIREMENTS REGARDING DRAINING ASPHALT CONCRETE

Usychenko Olena Yu., PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University. <https://orcid.org/0000-0002-7482-8420>.

Zheltobriukh Anton D., is a graduate student of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University. E-mail: antonoff18@gmail.com, phone +380960736425, <https://orcid.org/0000-0003-0764-8793>

Abstract

Introduction. It has been established that porous draining asphalt concrete (DAC) is an open-frame asphalt concrete that is specially designed with a high content of air voids, which are designed to remove water from the surface of the road surface. Pavement surfaces that include draining asphalts, permeable wear courses, and porous asphalt pavements are gaining more and more acceptance in the road industry worldwide.

Drainable asphalt can be susceptible to freeze-thaw damage in cold climates and will require winter maintenance practices. The service life of such coatings varies greatly depending on climatic conditions, intensity of traffic and loads, design and construction methods. Drainage asphalt pavements were created to increase road safety, but in addition to high traction characteristics, they have high porosity, which provides water permeability, which reduces the amount of surface water and thus reduces the formation of splashes in

rainy weather. This leads to a reduction in the risk of aquaplaning and an increase in road visibility, and ultimately to an increase in road safety..

Problem statement. The issue of timely removal of surface water from the road surface is mandatory and is solved by providing the road surface with a transverse slope. As practice shows, this does not sufficiently protect the road surface from the negative effects of water. High operational safety, improvement of the operational characteristics of the road surface is achieved due to the removal of the accumulation of water stains from its surface, which reduce the adhesion of the wheels to the road surface. These qualities can be improved by introducing draining asphalt concrete. However, the service life of draining asphalt concrete varies greatly depending on climatic conditions, traffic intensity and loads, design concepts and construction methods. In order to further improve the current state-of-the-art instructions for the production and application of DAC to solve regional, road and climate problems, a comprehensive analysis of the currently available applications of DAC mixtures for the construction and maintenance of road surfaces is necessary.

Therefore, on the basis of this, today in Ukraine it is expedient to introduce normative documents that would regulate the design, manufacture, technical requirements and performance of works according to this technology, which would allow for practical use, optimization and development of the road industry of Ukraine in this direction.

Purpose. Production of asphalt concrete mixtures and arrangement of road surface from draining asphalt concrete. Assessment of the regulatory framework of the world and establishment of recommendations and technical requirements for the production and installation of draining asphalt concrete.

Materials and methods. Experimental and experimental-analytical.

Results. An analysis of the existing experience of using draining asphalt concrete, conditions of its use, was carried out. Theoretical studies of the process of forming asphalt concrete with a structure of interconnected open pores. Experimental studies on the selection of grain composition and bitumen content in draining asphalt concrete have been conducted. Recommendations for the production of draining asphalt concrete mixtures and the arrangement of a covering from them have been developed.

Conclusions. An important role in the operational reliability and durability of draining asphalt concrete is played by the properties of the components, as well as the ratio between mineral materials and bituminous binder. In European countries, the greatest attention is paid to the narrow grain composition of mixtures, especially the requirements for large aggregates and bituminous binders. For the production of drainable asphalt concrete, crushed stone of narrow fractions is used, since it has a special granulometric composition, unlike typical dense and crushed-mastic asphalt concrete, it has sufficiently large porosity and requires extremely high attention and strict requirements for crushed stone materials. Therefore, an important step for the implementation of a promising construction technology would be the development of recommendations for draining asphalt concrete in Ukraine, which will include technical requirements, recommendations for design and application, acceptance rules and control methods.

Keywords: draining asphalt concrete, draining asphalt concrete mixtures, grain composition, open voids, porosity.

References

1. Gregory J., Taylor P.E. (Copyright 2014). Open-Graded Friction Courses (OGFC). 22 p. URL: <https://www.cedengineering.com/userfiles/Open-Graded%20Friction%20Courses.pdf> (Last accessed: 07.02.2022) [in English].
2. MS-2 Asphalt mix design methods. 7th edition. USA, 2014. 199 p. URL: https://yapim.otoyolas.com.tr/wp-content/uploads/kaliteyayinlari/16_EK_2_MS_2_asphalt_mix_design_methods.pdf (Last accessed: 07.02.2022) [in English].
3. TL Asphalt - StB 07 Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen [in English].
4. Prithvi S. Kandhal, P.E., Associate Director National Center for Asphalt Technology (2002). Design, Construction, and Maintenance of Open-Graded Asphalt Friction Courses. URL: <http://>

driveasphalt.org/assets/content/resources/IS-115_Open_Graded_Asphalt_Friction_Courses.pdf (Last accessed: 07.02.2022) [in English].

5. H. Zhang, K. Anupam, A. Scarpas, C. Kasbergen & Sandra Erkens (2019): Effect of stone-on-stone contact on porous asphalt mixes: micromechanical analysis, International Journal of Pavement Engineering. DOI: <https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1654105> (Last accessed: 07.02.2022) [in English].

6. Pavement Interactive, Open Graded Friction Courses – Keeping an Open Mind. 2011. URL: <https://pavementinteractive.org/open-graded-friction-courses-keeping-an-open-mind/> (Last accessed: 07.02.2022) [in English].

7. Jian-Shiuh Chen, Chin Hung Yang (2020): Porous asphalt concrete: A review of design, construction, performance and maintenance, International Journal of Pavement Research and Technology. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0039-7> (Last accessed: 3.04.2023) [in English].

8. Anton Zheltobriukh, Ivan Kopynets, Oleksii Sokolov Features design and use of draining asphalt concrete. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. Kyiv, 2020. Iss. 21. P. 168–176 DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.21.168> [in Ukrainian].

9. Ivan Kopynets, Anton Zheltobriukh. The results of experiments of the composition of draining asphalt concrete. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. Kyiv, 2022. Iss. 25. P. 40–47 DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.25.040> [in Ukrainian].

10. DSTU EN 12697-35:2019 (EN 12697-35:2016, IDT) Bitumomineral'ni sumishi. Metodyvyprovuvannya. Chastyna 35. Laboratorne zmishuvannya [State Standard of Ukraine (DSTU EN 12697-35:2019 (EN 12697-35:2016, IDT)) Bituminous mixtures. Test methods. Part 35: Laboratory mixing]. Kyiv, 2020. 24 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

11. EN 13108-7:2016 Bituminous mixtures – Material specifications – Part 7: Porous Asphalt

12. ASTM D7064/D7064M-08 (2013) Standard Practice for Open – Graded Friction Course (OGFC) Mix Design

13. ASTM D6932 / D6932M - 08(2013) Standard Guide for Materials and Construction of Open-Graded Friction Course Plant Mixtures.

14. DSTU B V.2.7-127:2015 Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton shchebenevo-mastykovi. Tekhnichni umovy. Kyiv, 2016. 29 s. (Information and documentation) [in Ukrainian].

15. R V.2.7-37641918-919:2021 Rekomendatsiyi shchodo vyrobnytstva ta vlashtuvannya drenuyuchoho asfal'tobetonu. Kyiv. 2021. 16 s. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Надійшла до редакції 07.03.2023.