

**ВПЛИВ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НА ВЕЛИЧИНУ  
СТРУКТУРУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ПОРОШКІВ**

**INFLUENCE OF METHOD OF DETERMINATION ON THE VALUE  
OF STRUCTURING ABILITY OF FILLER AGGREGATES**

**Оксак С.В., к.т.н, доц. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)**

**Oksak Serhii, Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof. (Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv)**

*Визначено структуруючу здатність мінеральних порошків із сировини різного походження за методиками, наведеними в ДСТУ 8772:2018 та EN 13179-1:2013. Оцінено вплив дійсної густини мінеральних порошків на величину їх структуруючої здатності. Порівняно результати структуруючої здатності мінеральних порошків, визначеної за різними методиками.*

*Interaction between filler aggregates and bitumen results in a structuring process that appears in a thin bitumen film on a mineral surface which turns a part of bitumen into a structural state. As a consequence the viscosity and strength of bitumen films increases which leads to an increase in strength of filled bitumen. The same process increases asphalt concrete strength when fine filler aggregates are included. In frames of presented research the different methods of finding the structuring ability of filler aggregates are analyzed. For various filler aggregates the comparative research of structuring ability is made with DSTU 8772 and EN 13179-1 methods. As a research material it is taken filler aggregates from various sources: the fly ash from CHP of Krivoy Rog, the fly ash from CHP of Burshtyn, powder obtained from grinding of silica sand, gray granite, and basalt, also lame mineral filler, low active Portland cement M300, and slaked lime. For bitumen mixture obtaining pavement bitumen BND 70/100 is used. The bitumen mixture for structuring ability finding is obtained with mixing of heated bitumen BND 60/90 (40 % by weight) with mineral powder particle size less than 0.071 mm (60 % by weight) according DSTU 8772 requirements. Method in EN 13179-1 standard prescribes mixing of components by volume concentrations: 37.5 % is for mineral powder and 62.5 % is for bitumen. Mineral powders can significantly vary in particle density. Through this avoidance of particle density finding in obtaining structuring ability can result in distortion of result values. This is why for the mineral powder with a low particle density its volume concentration is inflated in values in a fact. The increase in a particle density of a mineral powder leads to a decrease in a volume concentration of a mineral powder in a bitumen mixture. For the all tested mineral powders with exception of slaked lime the structural ability is in a range from 10 to 20 °C according to the DSTU 8772 standard, which is in required limits. To increase the accuracy of obtained values of structuring ability of filler aggregates it is necessary to take into account the particle density at bitumen mixture preparation following the EN 13179-1:2013 method.*

*Ключові слова: бітум, мінеральний порошок, дійсна густина, асфальтов'язуча речовина, температура розм'якшеності, структуруюча здатність.*

*Keywords: bitumen, filler aggregate, particle density, asphalt binding binder, softening point temperature, structuring ability.*

**Вступ.** Мінеральний порошок – одна з найбільш важливих складових асфальтобетонних сумішей для влаштування нежорстких асфальтобетонних шарів дорожніх одягів, що зумовлює в значній мірі їх міцність та щільність. Тому оцінка властивостей мінерального порошку за допомогою об'єктивних методик випробувань є важливою задачею.

В Україні властивості мінерального порошку регламентуються вимогами ДСТУ Б В.2.7-121:2014 [1] та ДСТУ Б EN 13043:2013 [2].

У відповідності з [1] визначаються наступні властивості мінерального порошку: зерновий склад, пористість при ущільненні, набрякання зразків із суміші порошку з бітумом, ступінь гідрофобності, структуруючу здатність, число пластичності, вологість, кількість глинистих домішок та суми оксидів  $Al_2O_3$  та  $Fe_2O_3$ .

У відповідності з [2] якість мінерального порошку оцінюється за наступними показниками: гранулометричний склад, вміст шкідливих тонких часток, вологість, дійсна густина, пустотність сухого ущільненого наповнювача за Рігденом, структуруюча здатність, розчинність у воді, набрякання у воді, вміст карбонату кальцію в наповнювачі з вапняку, вміст гідроксиду кальцію, бітумоемність, втрати при прожарюванні золи виносу, питома поверхня за Блейном.

Для визначення структуруючої здатності мінерального порошку використовуються методики, що мають значні відмінності. Це, в свою чергу, може призводити до отримання результатів, що значно відрізняються.

**Аналіз останніх досліджень.** В даний час існує два підходи до оцінки ролі мінерального порошку в складі асфальтобетону [3]. Згідно з американським підходом мінеральний порошок розглядається як наповнювач асфальтобетонної суміші, що використовується для підвищення жорсткості і зменшення повзучості, збільшення щільності [4, 5]. При цьому не розглядається можливість хімічної взаємодії між мінеральним порошком і в'язучим.

Підхід до вивчення ролі мінерального порошку в складі асфальтобетону, прийнятий в Україні та країнах колишнього СРСР, передбачає наявність комплексу процесів, що протікають при довготривалому контакті в'язучого з кам'яними матеріалами: фізичних, хемосорбційних і фільтраційних [6, 7]. Всі ці процеси призводять до зміцнення нафтового бітуму у складі асфальтобетону. Активність

мінерального порошку по відношенню до бітуму можна характеризувати його структуруючою здатністю.

Структуруюча здатність мінерального порошку є одним з важливих показників його якості, оскільки побічно характеризує пористість і ступінь розвиненості внутрішньої поверхні мінеральних зерен.

**Постановка мети і задач досліджень.** Метою виконаної роботи було встановлення відповідності оцінки результатів визначення структуруючої здатності мінеральних порошоків для виготовлення асфальтобетонних сумішей за методиками, встановленими у ДСТУ 8772 [8] та у EN 13179-1 [9], що регламентується ДСТУ Б EN 13043:2013 [2].

**Методи та об'єкти дослідження.** Структуруюча здатність мінерального порошку згідно з вимогами [1] визначається як різниця між температурою розм'якшеності асфальтов'язучої речовини та вихідного нафтового бітуму БНД 60/90. Асфальтов'язуча речовина виготовляється шляхом суміщення розігрітих бітуму БНД 60/90 (40% за масою) та мінерального порошку дрібніше 0,071 мм (60% за масою).

Європейські норми [9] на визначення структуруючої здатності мінерального порошку передбачають використання для цього випробування мінерального порошку дрібніше 0,125 мм та дорожнього бітуму марки 70/100. Дозування компонентів здійснюється за об'ємом у співвідношенні: 37,5% мінерального порошку та 62,5% бітуму. Необхідну кількість мінерального порошку згідно з [9] визначають за формулою (1):

$$m_f = 0,6m_b \times \rho_f / \rho_b \quad (1)$$

де  $m_b$  – маса нафтового бітуму, г;

$\rho_f$  – дійсна густина мінерального порошку, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_b$  – дійсна густина бітуму, г/см<sup>3</sup> (дозволяється приймати 1,025 г/см<sup>3</sup>).

В якості об'єктів дослідження прийнято мінеральні порошки з сировини різного походження: зола виносу Криворізької ТЕС, зола виносу Бурштинської ТЕС, мелений кварцовий пісок (сmt. Безлюдівка, Харківська обл.), мелений сірий граніт (с. Петрівське, Дніпропетровська обл.), вапняковий мінеральний порошок (сmt. Скала-Подільська, Тернопільська обл.), мелений базальт (с. Янова Долина, Рівненська обл.), портландцемент низької активності М 300 (м. Балаклія Харківська обл.) та гашене вапно (м. Харків).

Для проведення досліджень використовували в'язкий бітум марки БНД 70/100 (Кременчуцького НПЗ Україна). Результати випробувань

основних властивостей бітуму наведені у табл. 1. Властивості нафтового бітуму повністю відповідають встановленим вимогам ДСТУ 4044 [10].

Дійсну густину мінеральних порошків визначали пікнометричним методом згідно з [8].

Таблиця 1

Технічні властивості бітуму БНД 70/100

№	Назва показника	Норма за ДСТУ 4044 [10]	Фактичні значення
1	Глибина проникнення голки, 0,1 мм, за 25°C	71-100	77
2	Температура розм'якшеності, °C	45-51	47,9
3	Розтяжність, см за 25 °C	не менше 60	80
4	Зміна властивостей після прогріву - зміна ваги, % - залишкова пенетрація, % - зміна температури розм'якшеності, °C	не більше 0,9 не менше 59 не більше 6,0	0,28 66,2 3,1
5	Температура крихкості, °C	не вище -13,0	-20
6	Температура спалаху, °C	не нижче 230	302
7	Зчеплюваність із поверхнею скла, %	не менше 18,0	27,9
8	Індекс пенетрації	від -2,0 до +1,0	-0,68

**Результати досліджень.** Для проведення дослідження використовували мінеральні порошки фракції дрібніше 0,071 мм. Для прийнятих об'єктів дослідження попередньо визначали дійсну густину. Результати визначення дійсної густини мінеральних порошків наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Дійсна густина мінеральних порошків

№ з/п	Найменування об'єкту	Дійсна густина, г/см <sup>3</sup>
1	Зола виносу Криворізької ТЕС	2,38
2	Зола виносу Бурштинської ТЕС	2,40
3	Мелений кварц	2,68
4	Мелений сірий граніт	2,73
5	Вапняковий мінеральний порошок	2,80
6	Мелений базальт	2,96
7	Портландцемент низької активності М 300	3,08
8	Гашене вапно	2,82

Дійсна густина прийнятих об'єктів значно розрізняється (від 2,38 до 3,08 г/см<sup>3</sup>), що впливає на необхідну кількість мінерального порошку у складі асфальтов'язучої речовини для визначення структуруючої здатності згідно з [9].

Асфальтов'язучу речовину виготовляли шляхом ретельного перемішування розігрітих до температури 150–155 °С компонентів: мінерального порошку та нафтового бітуму.

Результати визначення структуруючої здатності мінеральних порошоків за різними методиками наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння структуруючої здатності мінеральних порошоків, що визначена за методиками ДСТУ 8772:2018 [8] та EN 13179-1:2013 [9]

№ з/п	Найменування об'єкту	ДСТУ 8772			EN 13179-1		
		Маса, г		ΔТр, °С	Маса, г		ΔТр, °С
		МП	БНД 70/100		МП	БНД 70/100	
1	Зола виносу Криворізької ТЕС	12	8	14,3	11,2	8	13,2
2	Зола виносу Бурштинської ТЕС	12	8	12,4	11,2	8	11,3
3	Мелений кварц	12	8	10,5	12,6	8	11,9
4	Мелений сірий граніт	12	8	12,1	12,8	8	14,0
5	Вапняковий мінеральний порошок	12	8	13,5	13,1	8	16,2
6	Мелений базальт	12	8	11,4	13,9	8	16,6
7	Портландцемент низької активності М 300	12	8	15,0	14,4	8	21,0
8	Гашене вапно	12	8	23,1	13,2	8	32,0

Структуруюча здатність, визначена згідно з [8], всіх мінеральних порошоків, окрім гашеного вапна, знаходиться в межах 10-20 °С, що відповідає вимогам [1]. Надмірна структуруюча здатність гашеного вапна зумовлена високою адсорбуючою здатністю, пористістю та розвиненою поверхнею часток вапна.

Використання методики [9] для визначення структуруючої здатності мінеральних порошоків призводить до збільшення кількості порошку (за масою) у порівнянні з методикою [8], за винятком золи виносу. Кількість золи виносу, навпаки, зменшується через низьку дійсну густина цього матеріалу.

Дозування компонентів асфальтов'язучої речовини (бітуму та мінерального порошку) за об'ємом є більш оптимальним, ніж дозування за масою, тому що дозволяє виключити вплив товщини бітумних плівок на показник стуктурууючої здатності. В цьому випадку показник стуктурууючої здатності залежить від розвиненості поверхні часток, внутрішньої пористості та взаємодії між мінеральною поверхнею та бітумом.

Мінеральний порошок при взаємодії з бітумом стуктурує його [7], тобто переводить частину бітуму у тонкоплівковий стуктурований стан, тому збільшення його вмісту зменшує товщину бітумної плівки і, відповідно, призводить до підвищення в'язкості бітуму, підвищення міцності його плівок. В свою чергу це забезпечить міцність бітумомінеральних систем, в тому числі міцність асфальтобетону при застосуванні мінерального порошку.

Таким чином, методики випробування мінерального порошку, що використовуються в Україні, вимагають вдосконалення, а технічні норми – уточнення.

### **Висновки**

1. Стуктуруюча здатність є одним з найважливіших показників мінерального порошку. Саме стуктуруюча здатність характеризує спроможність мінерального порошку забезпечити необхідну міцність та теплостійкість асфальтобетону.
2. Методика визначення стуктуруючої здатності, що прийнята в ДСТУ 8772:2018, призводить до отримання завищених показників для мінеральних порошоків з низькою дійсною густиною (менше 2,56 г/см<sup>3</sup>) та занижених показників при високій дійсній густині (більше 2,56 г/см<sup>3</sup>) мінеральних порошоків.
3. Для підвищення об'єктивності отриманих величин стуктуруючої здатності мінеральних порошоків необхідно враховувати дійсну густину матеріалу при виготовленні асфальтов'язучої речовини аналогічно методиці, прийнятій в EN 13179-1:2013.

### **References**

1. DSTU B V.2.7-121:2014. Budivelni materialy. Poroshok mineralnyj dlya asfaltbetonnyh sumishej. Tehnichni umovy (Zmina # 1). Acting from 2015-01-01. Issue Kyiv: Minregion Ukrainy, 2014. 28 p.
2. DSTU B EN 13043:2013. Zapovnyuvachi dlya bitumomineralnyh sumishej i poverhnevyyh obrobok dorig, aerodromnyh pokryttiv ta stoyanok dlya avtomobilnogo transportu. Chynnyj vid 2014-10-01. Issue Kyiv: Minregion Ukrainy, 2014. 44 p.
3. Pyirig, Ya.I. O strukturiruyushey sposobnosti mineralnyih poroshkov. Visnyk Narkivskogo nacionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universytetu. 2014. Issue 67. P. 89–93.
4. Radovskiy B.S. Sovremennyye trebovaniya k kamennyim materialam dlya asfaltbetonnyh smesey v SShA. Dorozhnaya tehnika. – 2009. – P. 74–85.

5. Taylor R. Surface interactions between bitumen and mineral fillers and their effects on the rheology of bitumen-filler mastics. Nottingham: The University of Nottingham, 2007. 238 p.
6. Volkov M.I., Borsch I.M. Issledovanie mineralnykh poroshkov dlya asfaltovykh smesey. Trudy HADI. 1956. Vyip. 18. P. 73–83.
7. Borsch I.M. Strukuroobrazuyuschaya rol mineralnykh poroshkov v asfaltovykh smesyah. Trudy HADI. 1954. Vyip. 17. P. 10–15.
8. DSTU 8772:2018. Poroshok mineralnyj dlya asfaltobetonnykh sumishej. Metody vyprobuvannya. Acting from 2019-01-01. Issue Kyiv: DP «UkrNDNCz». 2018. 42 p.
9. BS EN 13179-1:2013. Tests for filler aggregate used in bituminous mixtures - Part 1: Delta ring and ball test. 30 May 2013. BSI Standards Publication. 2013. 12 p.
10. DSTU 4044:2019. Bitumy naftovi dorozhni v'язki. Tehnichni umovy. Chynnyj vid 2020-05-01. Issue Kyiv: DP «UkrNDNCz». 2020. 15 p.

### **Список використаних джерел**

1. ДСТУ Б В.2.7-121:2014. Будівельні матеріали. Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови (Зміна № 1). Чинний від 2015-01-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 28 с.
2. ДСТУ Б EN 13043:2013. Заповнювачі для бітумомінеральних сумішей і поверхневих обробок доріг, аеродромних покриттів та стоянок для автомобільного транспорту. Чинний від 2014-10-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 44 с.
3. Пыриг, Я.И. О структурирующей способности минеральных порошков. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2014. Вип. 67. С. 89–93.
4. Радовский Б.С. Современные требования к каменным материалам для асфальтобетонных смесей в США. *Дорожная техника*. 2009. С. 74–85.
5. Taylor R. Surface interactions between bitumen and mineral fillers and their effects on the rheology of bitumen-filler mastics. Nottingham: The University of Nottingham, 2007. 238 p.
6. Волков М.И., Борщ И.М. Исследование минеральных порошков для асфальтовых смесей. *Труды ХАДИ*. 1956. Вып. 18. С. 73–83.
7. Борщ И.М. Структурообразующая роль минеральных порошков в асфальтовых смесях. *Труды ХАДИ*. 1954. Вып. 17. С. 10–15.
8. ДСТУ 8772:2018. Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Методи випробування. Чинний від 2019-01-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2018. 42 с.
9. BS EN 13179-1:2013. Tests for filler aggregate used in bituminous mixtures - Part 1: Delta ring and ball test. 30 May 2013. BSI Standards Publication. 2013. 12 p.
10. ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. Чинний від 2020-05-01. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2020. 15 с.