

**ОЦІНЮВАННЯ СТРУКТУРУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ
МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ
ТЕМПЕРАТУР**

**ASSESSMENT OF THE STRUCTURING CAPACITY OF MINERAL
POWDER IN A EXTENSIVE RANGE OF TEMPERATURES**

Соколов О.В. (Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», м. Київ)

Sokolov O.V. (State enterprise «State Road Research Institute named after M. P. Shulgin», Kyiv)

Мінеральний порошок є важливим складником асфальтобетонної суміші, що виконує велику роль в забезпеченні їх якості. Питома поверхня мінерального порошку становить близько 90 % питомої поверхні мінеральних матеріалів у складі асфальтобетонної суміші. У складі асфальтобетонної суміші мінеральний порошок виконує дві ролі – заповнює пори між дрібним та крупним заповнювачем і структурує бітум. Останнім часом значна кількість робіт присвячується дослідженню відходів промисловості як сировини для виробництва мінерального порошку. Насамперед ці дослідження пов'язані з оцінюванням безпосереднього впливу мінерального порошку переважно на об'ємні властивості асфальтобетону або ж на його міцнісні властивості. Оскільки одним із призначень мінерального порошку є структурування бітуму, то значну увагу під час дослідження альтернативної сировини доцільно приділяти структурувальній здатності отриманого мінерального порошку, оскільки недостатня структурувальна здатність мінерального порошку може стати причиною утворення пластичних деформацій, а надто велика структурувальна здатність – причиною зростання жорсткості асфальтобетону та зниження його низькотемпературної тріщиностійкості.

Дане дослідження було присвячено оцінюванню впливу мінерального порошку різного походження на структурування бітуму за низької та високої температури експлуатації, а також за технологічних температур виробництва асфальтобетонних сумішей.

Для проведення досліджень було прийнято мінеральний порошок з вапняку, граніту, кварциту, золи-винесення, механоактивованої золи-винесення, золи з гідровідвалу, доменного шлаку та цементу. Мінеральні порошки з кварциту, граніту, доменного шлаку та механоактивованої золи-винесення було отримано в лабораторних умовах з використанням кульового млина.

Також для досліджень було прийнято базовий бітум марки БНД 70/100, що характеризується глибиною проникності голки за

температури 25 °С $74 \times 0,1$ мм, температурою розм'якшеності 48 °С та температурою крихкості мінус 19 °С.

Досліджувану суміш мінерального порошку та бітуму (асфальтов'язуче) отримували шляхом змішування 60 % мінерального порошку з 40 % бітуму за температури близько 150 °С. Оскільки в роботі [1] було показано, що на структурувальну здатність мінерального порошку впливає розмір його частинок, то для більш точного порівняння було взято мінеральний порошок з розміром частинок менше ніж 0,071 мм.

Структурувальну здатність мінерального порошку за низьких експлуатаційних температур оцінювали за різницею температури крихкості асфальтов'язучого та бітуму, за високих експлуатаційних температур – за різницею температури розм'якшеності асфальтов'язучого та бітуму, а також за відношенням динамічної в'язкості асфальтов'язучого та бітуму за температури 70 °С, за технологічних температур – за відношенням динамічної в'язкості асфальтов'язучого та бітуму за температури 165 °С. В усіх випадках для забезпечення потрібної товщини плівки асфальтов'язучого або ж його обсягу, враховували його дійсну щільність.

Вимогами [2] встановлено, що структурувальна здатність мінерального порошку за зміною температури розм'якшеності повинна становити від 10 °С до 20 °С. Результати досліджень показали, що всі мінеральні порошки за структурувальною здатністю за високих експлуатаційних температур на основі зміни температури розм'якшеності відповідають вимогам [2].

Найбільшою структурувальною здатністю за температурою розм'якшеності відзначається мінеральний порошок із золи гідровідвалу (15,3 °С), а найменшою – з цементу (10,3 °С). При цьому, мінеральний порошок з вапняку, граніту та доменного шлаку має практично однакову структурувальну здатність, а мінеральний порошок з кварциту, золи-винесення та механоактивованої золи-винесення відзначаються на (1,0 – 2,0) °С вищою структурувальною здатністю.

Вищі значення структурувальної здатності мінерального порошку можуть свідчити про більшу пористість відповідного мінерального порошку, наближення форми частинок мінерального порошку до округлої форми (підтвердженням чому може бути зниження структурувальної здатності мінерального порошку з золи-винесення під час механоактивації), а також різний зерновий склад мінерального порошку в межах до 0,071 мм.

Найбільшою структурувальною здатністю за відношенням динамічної в'язкості відзначається мінеральний порошок із золи гідровідвалу (7,6), а найменшою – з вапняку (4,3), тобто структурувальна здатність мінерального порошку із золи з гідровідвалу є практично в два рази більшою за структурувальну здатність мінерального порошку з вапняку. Близькою до структурувальної здатності мінерального порошку з вапняку є структурувальна здатність золи-винесення (5,0) та механоактивованої золи-

винесення (4,7), а до значень структурувальної здатності мінерального порошку із золи гідровідвалу наближається структурувальна здатність мінерального порошку з іншої сировини. Варто зазначити, що результати оцінювання структурувальної здатності мінерального порошку за зміною температури розм'якшеності та відношенням динамічної в'язкості мають суттєві відмінності. Якщо за зміною температури розм'якшеності мінеральний порошок з вапняку, граніту та доменного шлаку має близькі значення структурувальної здатності, то за відношенням динамічної в'язкості мінеральний порошок з граніту та доменного шлаку має в (1,5 – 1,6) рази більшу структурувальну здатність.

Ще більш цікавими виявилися результати визначення структурувальної здатності мінерального порошку за технологічних температур. За температури 165 °С структурувальна здатність мінерального порошку є більше ніж в два рази вищою за структурувальну здатність мінерального порошку за температури 70 °С, тому варто очікувати, що за низької температури експлуатації структурувальна здатність мінерального порошку буде найнижчою. Також варто зазначити, що характер структурувальної здатності мінерального порошку за відношенням динамічної в'язкості за температури 70 °С та 165 °С є однаковим.

Якщо структурувальна здатність мінерального порошку за температурою розм'якшеності становить від 10,3 °С (з цементу) до 15,2 °С (із золи з гідровідвалу), то структурувальна здатність за температурою крихкості становить від 3,0 °С (з вапняку) до 5,2 °С (із золи з гідровідвалу).

В процесі даного випробування було встановлено, що під час підготування пластин з асфальтов'язучим відбувається його розшарування (виняток має місце у випадку мінерального порошку з вапняку, кварциту та механоактивованої золи-винесення), тобто можна стверджувати, що значною мірою має місце не структурування в'язучого, а його наповнення мінеральним порошком. Це, в свою чергу, може впливати на достовірність результатів випробування, зокрема, під час визначення структурувальної здатності за відношенням динамічної в'язкості в результаті осідання мінерального порошку, що може пояснити більшу структурувальну здатність мінерального порошку за технологічної температури. Крім того, під час використання відповідного мінерального порошку за технологічної температури можливе часткове відділення бітуму від асфальтов'язучого та сегрегація асфальтобетонної суміші за в'язучим.

Для оцінювання ефективності мінерального порошку можна досліджувати його структурувальну здатність за зміною температури крихкості, оскільки під час визначення даного показника можна оцінити ефект від структурування, що полягає в збереженні однорідності асфальтов'язучого під час підготування пластин.

В результаті об'єднання мінерального порошку з бітумом відбуваються позитивні зміни останнього, що проявляється в більшому

зростанні температури розм'якшеності ніж температури крихкості, тобто асфальтов'язуче має більший інтервал пластичності ніж бітум.

В цілому інтервал пластичності асфальтов'язучого є більшим в межах до 10,1 °С. Зважаючи на те, що найменше підвищення температури крихкості має місце у випадку асфальтов'язучого з мінеральним порошком з вапняку, а також спостереження під час визначення даного показника, то даний мінеральний порошок можна вважати найбільш привабливим до використання, принаймні для асфальтобетону шару покриття. Також доцільно звернути увагу на мінеральний порошок з кварциту та механоактивованої золи-винесення.

Дослідження структуровальної здатності мінерального порошку за зміною температури розм'якшеності різного походження засвідчили можливість використання для виробництва мінерального порошку сировини різного походження, а саме: сировини з гірських порід (осадових, вивержених та метаморфічних), сировини з вторинних продуктів промисловості (золи-винесення, золи з гідровідвалу та металургійних шлаків), а також фактично готовий будівельний продукт (цемент).

Відомо [3], що під час виробництва асфальтобетонних сумішей під впливом температури та кисню відбувається старіння бітуму, тому дану особливість доцільно враховувати і під час оцінювання структуровальної здатності мінерального порошку, а також під час оцінювання впливу мінерального порошку на старіння асфальтобетону в цілому. Це означає, що як підвищення температури крихкості, так і зростання температури розм'якшеності певною мірою може бути пов'язане з старінням бітуму.

Наступні дослідження доцільно присвятити оцінюванню старіння бітуму в результаті змішування з мінеральним порошком, а також оцінюванню впливу мінерального порошку на старіння бітуму в процесі експлуатації асфальтобетону.

Список використаних джерел

1. Пыриг Я.И. О структурирующей способности минеральных порошков. *Вестник ХНАДУ*, вып. 67, 2014.
2. ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови. Київ, 2015. 42 с.
3. Ivan Kopynets, Oksana Sokolova, Iryna Gudyma, Alina Yunak. Laboratory studies to reduce the technological aging of bitumen. *Дороги і мости*. Київ, 2018. Вип. 18. С. 107-118.