

УСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДУ УЩІЛЬНЕННЯ НА ОБ'ЄМНІ ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THE COMPACTION METHOD ON THE VOLUMETRIC PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETES

**Копинець І.В., к.т.н., Соколов О.В., Желтобрюх А.Д.,
Головченко В.С. (Державне підприємство «Державний дорожній
науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна», м. Київ)**

**Kopynets I.V., Ph.D., Sokolov O.V., Zheltobriukh A.D.,
Golovchenko V.S. (State enterprise «State Road Research Institute named
after M. P. Shulgin», Kyiv)**

Одним з аспектів євроінтеграції України є впровадження європейських підходів до проектування складу асфальтобетонних сумішей. В Україні, як і в інших європейських країнах, під час проектування складу асфальтобетонних сумішей виготовляють зразки асфальтобетону ущільненням в лабораторних умовах. В Україні з цією метою використовують метод пресування за тиску ($30,0 \pm 0,3$) МПа, якщо вміст щебеню у суміші більше або дорівнює 35 %, або за тиску ($40,0 \pm 0,4$) МПа, якщо вміст щебеню в суміші становить до 35 %. У країнах Євросоюзу з цією метою переважно використовують метод ударного ущільнення Маршала за 100 ударів (по 50 з кожного боку). Тому, доцільно установити вплив методу ущільнення асфальтобетонних сумішей на об'ємні властивості асфальтобетону.

Для дослідження було прийнято асфальтобетонну суміш типу Б, що містила 40 % крупного заповнювача, 49 % дрібного заповнювача та 11 % наповнювача. Вміст бітуму становив від 6,0 % до 7,5 % від маси мінеральних матеріалів.

Використані у дослідженні матеріали мали такі показники фізико-механічних властивостей:

– крупний заповнювач: марка за дробимістю – 1200; марка за стиранистю – Ст-I; марка за морозостійкістю – F150; вміст зерен лещадної та голчатої форми – 3,6 %.

– наповнювач: пористість у разі ущільнення 40 МПа – 29,7 %; набрякання зразків із суміші порошку з бітумом – 0,4 %; структурувальна здатність – 14 °С.

– бітум: пенетрація за температури 25 °С – $74 \times 0,1$ мм, температура розм'якшеності – 47 °С, температура крижкості – мінус 23 °С.

Розрахункова дійсна щільність суміші мінеральних матеріалів становила $2,658 \text{ г/см}^3$.

Визначена на основі температурно-в'язкісної залежності температура змішування бітуму з мінеральними матеріалами становила від 154,5 °C до 160,0 °C, а ущільнення асфальтобетонної суміші – від 143,5 °C до 148,5 °C.

На першому етапі виконували порівняння об'ємних властивостей асфальтобетонів, виготовлених методом пресування за тиску $(30,0 \pm 0,3)$ МПа та методом ударного ущільнення за 50 ударів з кожного боку.

Установлено, що метод ущільнення має суттєвий вплив на середню густину асфальтобетону. У обох випадках із збільшенням вмісту бітуму має місце зростання середньої густини асфальтобетону, що пов'язане із заміщенням повітряних пор бітумом. Однак, у всіх випадках середня густина асфальтобетонних зразків, виготовлених методом пресування є більшою за середню густину асфальтобетонних зразків, виготовлених методом ударного ущільнення. Навіть для асфальтобетонних зразків, виготовлених з використанням ударного ущільнювача, з асфальтобетонної суміші з 7,5 % бітуму не досягнуто середньої густини асфальтобетонних зразків, виготовлених з використанням методу пресування, з асфальтобетонної суміші з 6,0 % бітуму. Насамперед це пов'язано з тим, що асфальтобетон, отриманий методом пресування має більшу середню густину мінеральної частини, тобто зерна мінерального матеріалу розташовані більш щільно. Так, за вмісту бітуму 6,0 % середня густина мінеральної частини зразків, виготовлених методом ударного ущільнення, становить 2,157 г/см³, а для зразків, виготовлених пресуванням, – 2,200 г/см³. Такі відмінності в середній густині мінеральної частини є причиною суттєвих відмінностей у вмісті пор у мінеральній частині. В середньому різниця між вмістом пор у мінеральній частині становить близько 1,7 % за об'ємом або ж практично 10 %. Оскільки бітум заповнює пори між зернами заповнювача, то для досягнення одного рівня залишкової пористості для асфальтобетону з меншим вмістом пор у мінеральному заповнювачі необхідно менше бітуму. Підтвердженням цього є і результати щодо відсотку пор, заповнених в'язучим. Так, різниця між відсотком пор, заповнених в'язучим, становить близько 0,2 % за об'ємом, в той час як за абсолютним значенням така різниця становить близько 9 %.

Такі результати не могли не позначитися на значеннях залишкової пористості та водонасичення асфальтобетону. У всіх випадках залишкова пористість та водонасичення є вищими у зразків, виготовлених ударним ущільненням.

Якщо значення залишкової пористості розглядати як критерій оптимального вмісту бітуму в асфальтобетонній суміші, то за ущільнення методом пресування абсолютне значення оптимального вмісту бітуму буде нижчим. Так, для асфальтобетонної суміші, ущільненої пресуванням, оптимальний вміст бітуму, визначений як вміст бітуму за якого залишкова пористість становить 3,5 %, буде становити близько 6,25 %, тоді як для

асфальтобетонної суміші, ущільненої ударним ущільнювачем, оптимальний вміст бітуму за аналогічними критеріями буде становити 7,1 %. Це суттєво вплине на вартість асфальтобетонної суміші, оскільки призведе до перевитрат бітуму орієнтовно на 7,5 кг на тонну асфальтобетонної суміші. Це є хорошим аргументом для віддання переваги ущільненню пресуванням. Якщо враховувати дослідження ХНАДУ [1], то ще більш економічним буде ущільнення асфальтобетонної суміші секторним або гіраторним ущільнювачем, оскільки за такого ущільнення оптимальний вміст бітуму є ще нижчим за оптимальний вміст бітуму, що встановлений при ущільненні пресуванням. Тим не менше, доцільно все ж таки оцінювати методи ущільнення за комплексом властивостей асфальтобетону, зокрема його втомною довговічністю, тріщино- та колієстійкістю, що на разі не є можливим у зв'язку з поганою укомплектованістю дослідної лабораторії.

Можна припустити, що зменшення оптимального вмісту бітуму є економічно вигідним та може сприяти підвищенню колієстійкості, однак чи не погіршиться при цьому стійкість асфальтобетону до старіння в результаті зменшення товщини плівки на заповнювачі та чи не зменшиться його атмосферостійкість та втомна довговічність у зв'язку з тим же зменшенням товщини плівки бітуму.

Підвищити середню густину асфальтобетону можна шляхом використання добавок на основі поверхнево-активних речовин або шляхом збільшення навантаження. Саме другий спосіб використовують у США [2] для проектування складу асфальтобетонних сумішей, що використовують для влаштування шарів дорожнього одягу на автомобільних дорогах з великим транспортним навантаженням. Для даного випадку рекомендованим є ущільнення асфальтобетонної суміші за 75 ударів з кожного боку.

Збільшення кількості ударів під час ударного ущільнення призводить до зростання середньої густини асфальтобетону. Зростання середньої густини асфальтобетону можна охарактеризувати за коефіцієнтом ущільнення, а саме відношенням середньої густини асфальтобетону, отриманого ущільненням за 50 ударів з кожного боку, до середньої густини асфальтобетону, отриманого ущільненням за 75 ударів з кожного боку. Відповідно до отриманих результатів він буде становити 0,982.

Збільшення кількості ударів призводить до отримання співставних результатів середньої густини асфальтобетону, тобто під час ущільнення ударним ущільнювачем за 75 ударів з кожного боку отримуємо таку ж середню густину асфальтобетону як і за ущільнення пресуванням. Це дозволяє припустити, що вітчизняний метод ущільнення відповідає ударному методу, що використовують під час проектування складу асфальтобетонних сумішей у США для доріг з великим транспортним навантаженням.

Зростання середньої густини пов'язане із збільшенням середньої густини мінеральної частини. У зв'язку з цим відбувається зменшення вмісту пор у мінеральній частині. Оскільки відбувається зменшення вмісту пор у мінеральній частині, то, відповідно, для заповнення цих пор необхідна менша кількість бітуму для досягнення необхідного значення залишкової пористості.

Збільшення кількості ударів не призводить до зростання відсотку пор, заповнених в'язучим. Відповідно для усіх трьох випадків маємо практично однакові результати. Однак, зменшення загального вмісту пор у заповнювачі призводить до більшого абсолютного заповнення пор бітумом. Вищенаведені зміни властивостей асфальтобетонів призводять і до зміни залишкової пористості. Із збільшенням кількості ударів з 50 до 75 з кожного боку відбувається зниження залишкової пористості з 4,68 % до 2,94 %, тобто залишкова пористість практично досягає значення залишкової пористості асфальтобетону, ущільненого пресуванням (2,86 %).

Варто зазначити, що водонасичення асфальтобетону, отриманого ущільненням пресуванням, є завжди нижчим за водонасичення асфальтобетону, отриманого ударним ущільненням. Це свідчить про більшу кількість закритих пор не доступних для води в асфальтобетоні, отриманому з використанням методу пресування. У такому випадку можна припустити, що під час виробничого ущільнення в асфальтобетоні також може формуватися відмінна від лабораторного ущільнення кількість закритих пор, що дозволяє поставити під сумнів використання показника водонасичення для оцінювання якості ущільнення асфальтобетонних сумішей та й для оцінювання асфальтобетонних сумішей взагалі.

Представлені результати показали, що впровадження європейських методів проєктування складу асфальтобетонних сумішей буде доволі проблематичним, оскільки зміна методу ущільнення асфальтобетонної суміші впливає на всі об'ємні властивості асфальтобетонів. У зв'язку з цим потребують уточнення вимоги до пористості мінеральної частини, а також до критеріїв якості виробничого ущільнення асфальтобетонних сумішей.

Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на установлення оптимального лабораторного методу ущільнення асфальтобетонних сумішей з урахуванням їх типу та виду, а також кількості прикладань розрахункового навантаження, з урахуванням мети такого ущільнення.

Список використаних джерел

1. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести комплексні дослідження з установлення оптимального методу лабораторного ущільнення асфальтобетонних сумішей та визначення ступеня їх ущільнення в шарах дорожнього одягу та підготувати пропозиції щодо необхідності внесення змін у відповідні нормативно-технічні документи», Київ, 2021.

2. Asphalt Design Mix Methods. 7th Edition. USA, 2014. 188 p.