https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.081

УДК 691.168

Копинець І. В., *канд. техн. наук, https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Соколов О. В., *https://orcid.org/0000-0002-4694-9647*
Желтобрюх А. Д., *https://orcid.org/0000-0003-0764-8793*
Головченко В. С., *https://orcid.org/0000-0001-5078-8682*

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна

ОГЛЯД МЕТОДІВ ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДУ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Анотація

Вступ. Найбільш використовуваним дорожньо-будівельним матеріалом для влаштування верхніх шарів дорожнього одягу є асфальтобетонні суміші. Також асфальтобетонні суміші використовують для влаштування шарів злітно-посадкових смуг аеродромів, покриття мостів, вулиць, пішохідних та велосипедних доріжок тощо. Існує велика кількість видів асфальтобетонних сумішей, які відрізняються за різновидом зернового складу, найбільшим номінальним розміром зерен заповнювача, вмістом щебеню, вмістом подрібненого та неподрібненого піску, якістю складників та в'язкістю бітумного в'яжучого.

Проблематика. Національний метод проєктування складу асфальтобетонних сумішей є дуже схожим на метод Маршала та метод Суперпейв в частині визначення оптимального вмісту бітумного в'яжучого за об'ємними властивостями асфальтобетону. Відмінність полягає тільки у тому, що відповідно до методу Маршала та Суперпейв за оптимальний обирають такий його вміст, за якого вміст повітряних пор становить 4,0 %. Відповідно ж до національного методу проєктний вміст повітряних пор змінюється залежно від типу асфальтобетонної суміші.

Суттєвою інновацією методу Суперпейв є визначення експлуатаційних показників асфальтобетону, таких як колієстійкість, тріщиностійкість та стійкість до утворення тріщин від утоми матеріалу. Ймовірно дані методи з часом також потрібно впроваджувати в Україні.

Мета. Аналізування методів підбирання складу асфальтобетонних сумішей.

Результати. Виконано аналіз літературних джерел щодо різних методів підбору складу асфальтобетонних сумішей.

Висновки. Використання різних методів ущільнення асфальтобетонних сумішей може призводити до отримання асфальтобетонів з різними об'ємними властивостями, що впливатиме як на оптимальний вміст бітуму, так і на експлуатаційні показники асфальтобетону, тому подальші дослідження має бути спрямовано на установлення впливу методу ущільнення на об'ємні властивості асфальтобетонів та їх взаємозв'язку з виробничим ущільненням асфальтобетонних сумішей.

Ключові слова: асфальтобетонна суміш, асфальтобетон, метод Маршала, метод Суперпейв, об'ємні властивості, підбирання складу асфальтобетонних сумішей.

Вступ

Найбільш використовуваним дорожньо-будівельним матеріалом для влаштування верхніх шарів дорожнього одягу є асфальтобетонні суміші. Також асфальтобетонні суміші використовують для влаштування шарів злітно-посадкових смуг аеродромів, покриття мостів, вулиць, пішохідних та велосипедних доріжок тощо. Існує велика кількість видів асфальтобетонних сумішей, які

відрізняються за різновидом зернового складу, найбільшим номінальним розміром зерен заповнювача, вмістом щебеню, вмістом подрібненого та неподрібненого піску, якістю складників та в'язкістю бітумного в'яжучого. На основі різних асфальтобетонних сумішей може бути отримано асфальтобетони різної структури, яка забезпечує опір асфальтобетону різноманітним експлуатаційним чинникам. Наявність великої кількості щебеню у складі асфальтобетонної суміші сприяє утворенню асфальтобетону з щебеневим каркасом, який сприймає основні механічні навантаження [1]. Це обумовлює використання у складі таких асфальтобетонних сумішей міцного щебеню. У випадку наявності малої кількості щебеню у складі асфальтобетонної суміші або у разі його відсутності властивості асфальтобетону переважно визначаються в'язкістю бітумного в'яжучого, тому і вимоги до заповнювачів можуть бути нижчими. Залежно від транспортного навантаження, кліматичних чинників, наявних дорожньо-будівельних матеріалів та розташування шару асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу, вид асфальтобетонної суміші та вимоги до асфальтобетону будуть різними. Для отримання оптимальних властивостей асфальтобетонів залежно від умов використання виконують проєктування складу асфальтобетонних сумішей. Проєктування складу асфальтобетонних сумішей є комплексним процесом, який дозволяє правильно визначити їх склад залежно від експлуатаційних та кліматичних умов роботи асфальтобетону. В цілому, проєктування складу асфальтобетонних сумішей повинно складатися з:

1) аналізування транспортних умов роботи асфальтобетону;
2) аналізування кліматичних умов роботи асфальтобетону;
3) аналізування наявності дорожньо-будівельних матеріалів, їх вартості, доступності тощо;
4) підбирання складу асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах;
5) апробація виробництва асфальтобетонних сумішей підібраного складу.

Очевидно, що аналізування транспортних умов роботи асфальтобетону повинно складатися з аналізування: інтенсивності та складу транспортного потоку; проєктного нормативного строку служби конструкції дорожнього одягу; кількості прикладання розрахункового навантаження за весь проєктний нормативний строк служби асфальтобетону; глибини розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу; швидкості руху транспортних засобів; максимальних поздовжніх ухилів на трасі.

Аналізування кліматичних умов роботи асфальтобетону повинно складатися з: аналізування максимальних та мінімальних температур повітря за даними метеостанцій, розташованих поблизу ділянки використання асфальтобетону, принаймні за період, що відповідає проєктному нормативному строку служби асфальтобетону; установлення середньої температури повітря за період аналізування та розрахунку стандартних відхилень; розрахунку температури асфальтобетону залежно від рівня надійності та глибини розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу.

Під час аналізування наявності дорожньо-будівельних матеріалів треба установлювати насамперед наявність заповнювачів з вторинних продуктів промисловості, а також місцевих матеріалів, відповідність показників їх властивостей відповідно до певного виду асфальтобетонної суміші або ж у разі їх відсутності аналізують наявність матеріалів у сусідніх регіонах.

Підбирання складу асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах повинно складатися з визначення співвідношення між заповнювачами для отримання асфальтобетонної суміші, що відповідає певному зерновому складу, та встановлення оптимального вмісту бітуму на основі визначення показників фізико-механічних властивостей асфальтобетонів.

Апробація виробництва асфальтобетонних сумішей підібраного складу повинна складатися з виробництва «сухих» сумішей для можливості встановлення їх фактичного зернового складу за результатами дозування з бункерів гарячих матеріалів та, за потреби, коригування,

виробництва асфальтобетонних сумішей з установленням їх фактичного складу та показників фізико-механічних властивостей.

Як можемо бачити, проєктування складу асфальтобетонних сумішей це не тільки визначення співвідношення між її складниками, але й великий комплекс робіт з вибору виду, типу, різновиду та марки асфальтобетонної суміші, в'язкості бітумного в'яжучого і заповнювачів та об'ємних властивостей асфальтобетону на етапі проєктування конструкції дорожнього одягу. Кожному етапу проєктування складу асфальтобетонних сумішей може бути присвячено окремо роботу, тому метою даної роботи є саме аналіз методів підбирання складу асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах.

Основна частина

Проєктування складу асфальтобетонних сумішей має більш ніж сторічну історію і сучасні досягнення в цій області, ймовірно, не були б можливими без досягнень минулого. Батьками методів проєктування складу асфальтобетонних сумішей можна вважати американських учених Чарльза Хаббарда (Charles Hubbard) та Фредеріка Філда (Frederick Field), які в 1920-х роках спільно з Асоціацією Асфальтів розробили систему проєктування складу асфальтобетонних сумішей під назвою «метод проєктування Хаббарда-Філда». Даний метод використовували департаменти автомобільних доріг впродовж майже 20 років, а у деяких штатах — аж до 60-х років. Вже у 1932 році інженером Каліфорнійського відділу автомобільних доріг Френсісом Хвімом (Francis Hveem) було розроблено метод оцінювання потрібного вмісту бітуму на основі розрахункової площі поверхні заповнювачів. Вірогідно найбільш відомим розробником методів проєктування складу асфальтобетонних сумішей є Брюс Маршал (Bruce Marshall), який розробив метод проєктування складу асфальтобетонних сумішей наприкінці 1930-х років і різні модифікації якого використовують у всьому світі навіть зараз, зокрема у країнах Європейського Союзу. Зрештою, на початку 1990-х років у тих же США було розроблено систему проєктування складу асфальтобетонних сумішей Суперпейв (Superpave).

На сьогодні найбільш прогресивною можна вважати саме систему Суперпейв, яка уже давно вийшла за межі США і яку успішно використовують в багатьох країнах світу. Однак не треба забувати й про метод Маршала, якому до цих пір віддають перевагу у ряді країн Європейського Союзу. Саме ці два методи доцільно порівняти з національним методом проєктування складу асфальтобетонних сумішей в частині лабораторного підбирання складу асфальтобетонних сумішей.

У всіх трьох методах основними характеристиками під час підбирання складу асфальтобетонних сумішей можна вважати об'ємні властивості асфальтобетонів. Якщо асфальтобетонну суміш ми можемо розглядати як суміш мінерального матеріалу та бітумного в'яжучого, то у випадку асфальтобетону доцільно розглядати уже три складники — мінеральний матеріал, бітумне в'яжуче та повітря. Склад асфальтобетонної суміші та асфальтобетону може бути представлено як за масою, так і за об'ємом. Однак, оскільки повітря не має маси, а потрібно розглянути усі три складники, то у випадку асфальтобетону усі три складники треба виражати в об'ємних величинах. Схему складників асфальтобетону або ж фазову діаграму за даними [2] зображено на **рис. 1**.

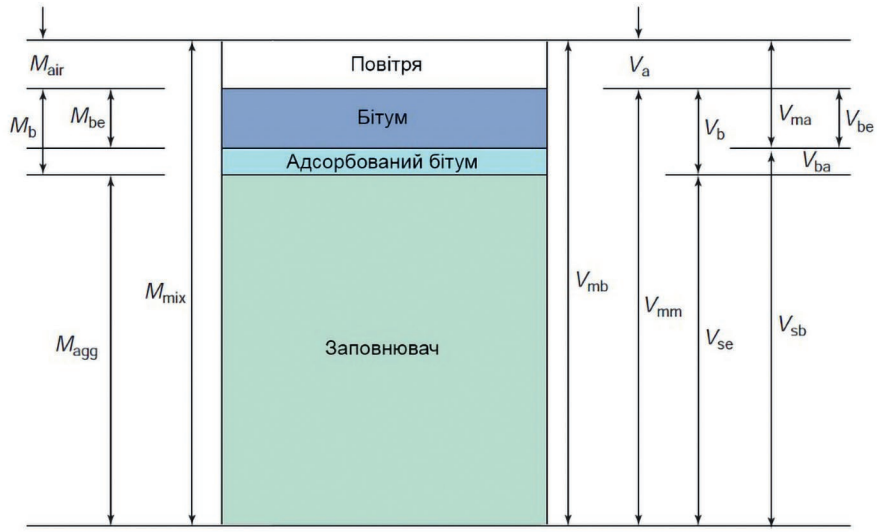
Доцільно розглянути об'ємні властивості асфальтобетонів більш детально.

Вміст повітряних пор (Залишкова пористість)

Вміст повітряних пор є загальним об'ємом повітря між зернами заповнювачів, обробленими бітумним в'яжучим, в асфальтобетоні, вираженим у відсотках від його загального об'єму [3]. Аналогом даного показника в Україні є залишкова пористість [4].

Повітряні пори визначають характеристики асфальтобетону. Повітряні пори значно

впливають на строк служби асфальтобетону під час експлуатування, тому їх вважають головною характеристикою під час підбирання складу асфальтобетонної суміші [5].



Умовні познаки:

M_{mix} — загальна маса ущільненої асфальтобетонної суміші;
M_b — маса в'яжучого;
M_{be} — маса ефективного в'яжучого;
M_{agg} — маса заповнювача;
M_{air} — маса повітря, $M_{air} = 0$;
V_{mb} — об'єм ущільненої суміші;
V_{mm} — об'єм суміші без пор;
V_{ma} — об'єм пор в заповнювачі;
V_a — об'єм повітряних пор;
V_{be} — об'єм ефективного бітуму;
V_b — об'єм в'яжучого;
V_{ba} — об'єм адсорбованого в'яжучого;
V_{sb} — об'єм заповнювача;
V_{se} — об'єм ефективного заповнювача.

Рисунок 1 **—** Познаки складників асфальтобетону

З **рис. 1** видно, що об'єм повітряних пор є різницею між об'ємом ущільненої суміші та об'ємом суміші без пор. У свою чергу вміст повітряних пор буде дорівнювати відношенню об'єму повітряних пор до об'єму ущільненої суміші. Прямого методу визначення вмісту повітряних пор не існує, тому його розраховують за значеннями максимальної густини асфальтобетонної суміші та об'ємної густини асфальтобетону [2] з використанням формули:

$$P_a = 100 - \frac{100 \cdot G_{mb}}{G_{mm}}, \quad (1)$$

де P_a — вміст повітряних пор, % за об'ємом;
G_{mb} — об'ємна густина асфальтобетону, г/см^3;
G_{mm} — максимальна густина асфальтобетонної суміші, г/см^3.

Пори у мінеральному заповнювачі (Пористість мінеральної частини)

Пори у мінеральному заповнювачі є об'ємом міжзернового простору між зернами заповнювача в асфальтобетоні, що складається з вмісту повітряних пор та вмісту ефективного в'яжучого, вираженим у відсотках від загального об'єму асфальтобетону [3]. Аналогом даного показника в Україні є пористість мінеральної частини [4].

Пори у мінеральному заповнювачі розраховують на основі об'ємної густини заповнювача

і виражають у відсотках від об'ємної густини асфальтобетону. Таким чином, пори у мінеральному заповнювачі можна розрахувати відніманням об'єму заповнювача, визначеного за його об'ємною густиною, від об'ємної густини асфальтобетону. Пори у мінеральному заповнювачі розраховують за такою формулою [2]:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}}, \quad (2)$$

де VMA — пори у мінеральному заповнювачі, % за об'ємом;
P_s — вміст заповнювача від маси суміші, %;
G_{sb} — об'ємна густина заповнювача, г/см^3.

Пори у мінеральному заповнювачі мають тенденцію до відсоткового збільшення із зменшенням найбільшого номінального розміру зерен заповнювача у складі асфальтобетонної суміші. Це пов'язано як зі збільшенням питомої поверхні заповнювачів під час зменшення їх розміру, так і з утворенням більшої кількості пор між зернами дрібнішого заповнювача.

Пори, заповнені в'яжучим

Пори, заповнені в'яжучим, є відсотком пор від загального об'єму пор у мінеральному заповнювачі, які заповнені бітумним в'яжучим [3]. Відповідний показник відсутній в Україні.

Пори, заповнені в'яжучим, розраховують за такою формулою [2]:

$$VFA = 100 \cdot \frac{VMA - P_a}{VMA}, \quad (3)$$

де VFA — пори, заповнені в'яжучим, %.

Даний показник також має тенденцію до збільшення під час зменшенням найбільшого номінального розміру зерен заповнювача у складі асфальтобетонної суміші.

Таким чином можемо бачити, що в Україні використовують дві з трьох основних об'ємних властивостей асфальтобетонів. При цьому, вважають [5], що не до кінця зрозуміло які саме експлуатаційні показники пов'язані з показником VFA. Отже, можна стверджувати, що вітчизняні підходи до оцінювання об'ємних властивостей асфальтобетонів не відрізняються від розглянутих закордонних методів, тому доцільно розглянути кожен метод більш детально.

Метод Маршала

Основні концепції методу Маршала були розроблені Брюсом Маршалом приблизно в 1939 році. У своєму методі Маршал використав багато принципів методу Хаббарда. Маршал змінив принцип ущільнення асфальтобетонної суміші, а саме замість ударного ущільнювача Проктора, який охоплював лише частину зразка, Маршал запропонував збільшити розмір ударного ущільнювача до діаметру ущільнюваного зразка. Відповідно з метою збереження пропорційної кількості ущільнювальної енергії було збільшено масу ущільнювального вантажу та висоту з якої падав цей вантаж. Для ущільнених зразків Маршал запропонував розраховувати повітряні пори, а згодом і VMA. Також Маршалом було запропоновано метод визначення граничного руйнівного навантаження, який з часом отримав назву стабільність за Маршалом.

Метод підбирання складу асфальтобетонної суміші за Маршалом включає наступне [5].

1) Вибір заповнювача, що складається з визначення зернового складу, об'ємної густини та інших геометричних та механічних характеристик залежно від регіональних вимог.
2) Вибір в'яжучого залежно від регіональних вимог.
3) Виготовлення лабораторних зразків з метою визначення оптимального вмісту бітуму.

Для цього в лабораторних умовах виробляють асфальтобетонні суміші з шістьма значеннями вмісту в'яжучого. З кожної суміші виготовляють три зразки. Зразки виготовляють з використанням ударного ущільнювача Маршала за 35, 50 або 75 ударів з кожної сторони, що залежить від інтенсивності руху транспортних засобів. Після ущільнення зразки виймають з форми та охолоджують до кімнатної температури.

4) Визначення об'ємних властивостей виготовлених зразків асфальтобетону.

5) Визначення механічних властивостей виготовлених зразків асфальтобетону.

6) Побудова графіків залежності властивостей виготовлених зразків асфальтобетону від вмісту бітумного в'яжучого. Ці графіки використовують для визначення оптимального вмісту в'яжучого. Приклади таких графіків наведено на **рис. 2**.

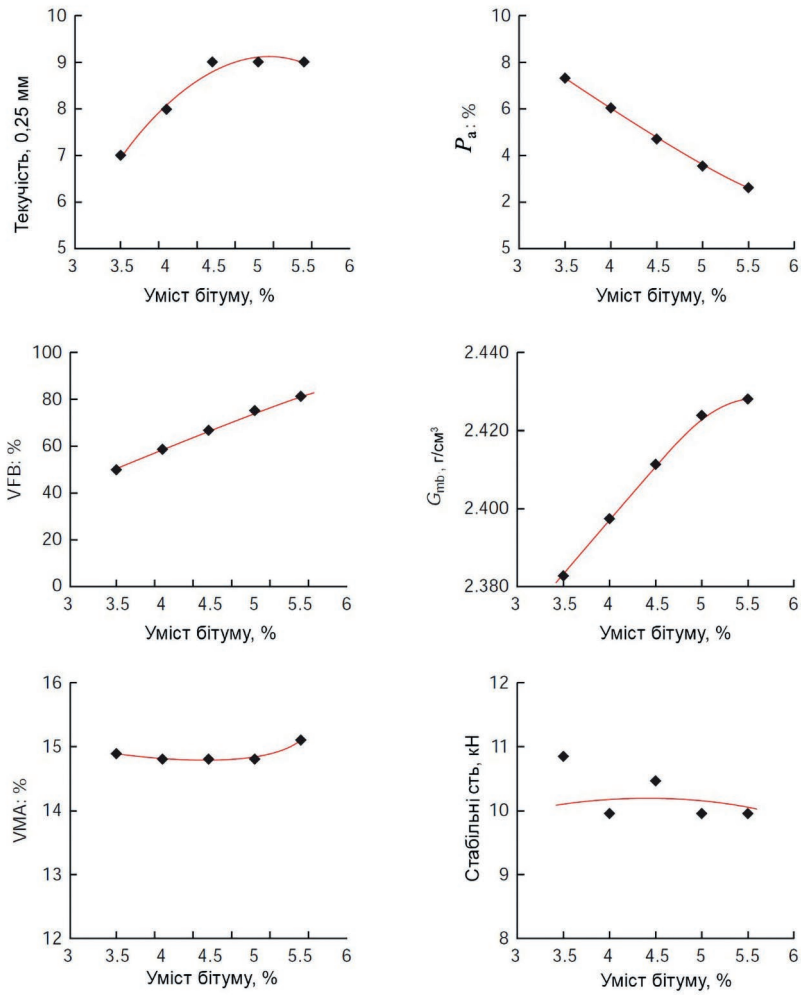


Рисунок 2 — Типові графіки залежності властивостей асфальтобетону від вмісту бітуму

7) Вибирання оптимального вмісту бітумного в'яжучого. За оптимальний вміст в'яжучого обирають такий його вміст, за якого вміст повітряних пор становить 4,0 %. Виготовляють зразки асфальтобетону за такого вмісту в'яжучого, визначають показники їх об'ємних та механічних властивостей. Визначені показники повинні відповідати установленим вимогам.

Метод Суперпейв

У методі Суперпейв визначають три рівні підбирання складу асфальтобетонних сумішей на основі транспортного навантаження. Усі три рівні включають визначення об'ємних властивостей асфальтобетону, тоді як рівень 2 і рівень 3 додатково вимагають визначення його експлуатаційних характеристик, які дозволять оптимізувати склад асфальтобетонної суміші з метою забезпечення теплостійкості, а також втомного та низькотемпературного тріщиноутворення [SHRP-A-410].

У методі Суперпейв під час виготовлення лабораторних зразків відмовилися від використання ударного ущільнювача Маршала та перейшли до використання гіраторного ущільнювача Суперпейв (SGC). SGC дає можливість вимірювати висоту зразка з точністю до 0,1 мм один раз за кожний оберт під час ущільнення. Цю функцію використовують для оцінювання густини суміші за низьких рівнів ущільнення та для фіксування швидкості її ущільнення. Такі особливості обладнання дають можливість будувати криву ущільнення та визначати щільність за початкового (N_{ini}) проєктного (N_{design}) та максимального (N_{max}) ущільнювального зусилля. Ущільнювальні зусилля N_{ini} та N_{max} використовують для оцінювання ущільнюваності суміші, у той час як N_{design} використовують для визначення оптимального вмісту бітуму.

Кількість обертів для N_{ini} знаходиться в діапазоні від 7 до 10, її визначають за формулою:

$$\log N_{ini} = 0{,}45 \log N_{design}. \quad (4)$$

Кількість обертів для N_{max} знаходиться в діапазоні від 104 до 287, її визначають за формулою:

$$\log N_{max} = 1{,}1 \log N_{design}. \quad (5)$$

Значення N_{design} обирають залежно від транспортного навантаження.

Густина суміші за N_{ini} характеризує ущільнюваність асфальтобетонної суміші. Вважають, що густина суміші за N_{ini} повинна становити 0,89 від максимальної густини асфальтобетонної суміші. Відповідність вимогам до густини за N_{max} гарантує, що не буде відбуватися надмірне доущільнення асфальтобетону в процесі експлуатування. Густина суміші за N_{max} повинна становити 0,98 від максимальної густини асфальтобетонної суміші.

Метод проєктування складу асфальтобетонної суміші Суперпейв включає наступне [5].

1) Вибір заповнювача, що складається з визначення зернового складу, об'ємної густини та інших узгоджених геометричних та механічних характеристик залежно від транспортного навантаження та розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу.

2) Вибір в'яжучого залежно від кліматичних умов, транспортного навантаження та розташування асфальтобетону в конструкції дорожнього одягу.

3) Підбирання зернового складу асфальтобетонної суміші відповідно до установлених вимог. Має бути підібрано щонайменше три зернові склади асфальтобетонної суміші.

4) Виготовлення лабораторних зразків з метою визначення оптимального вмісту бітуму. Для цього в лабораторних умовах виробляють асфальтобетонні суміші з чотирма значеннями вмісту в'яжучого. З кожної суміші виготовляють три зразки. Зразки виготовляють із використанням гіраторного ущільнювача за певної кількості обертів, яка залежить від транспортного навантаження. Після ущільнення зразки виймають з форми та охолоджують до кімнатної температури.

5) Визначення об'ємних властивостей виготовлених зразків асфальтобетону.

6) Побудова графіків залежності об'ємних властивостей виготовлених зразків асфальтобетону від вмісту бітумного в'яжучого. Ці графіки використовують для визначення оптимального вмісту в'яжучого.

7) Вибирання оптимального вмісту бітумного в'яжучого. За оптимальний вміст в'яжучого обирають такий його вміст, за якого вміст повітряних пор становить 4,0 %.

8) Виготовлення восьми контрольних зразків з оптимальним вмістом бітумного в'яжучого для перевіряння відповідності асфальтобетону установленим вимогам до об'ємних властивостей асфальтобетонів.

9) Оцінювання водостійкості асфальтобетону проєктного складу та, за потреби, його коригування.

10) Оцінювання експлуатаційних показників асфальтобетону (для рівнів проєктування 2 та 3) та, за потреби, коригування його складу.

Як можемо бачити, метод Суперпейв певною мірою повторює метод Маршала в частині визначення оптимального вмісту бітуму за об'ємними властивостями асфальтобетонів. У Суперпейв використовують більшу кількість зернових складів асфальтобетонної суміші, не визначають граничне зусилля та пластичність, а також введено визначення водостійкості. Додатково уже на рівні проєктування 2 та 3 визначають експлуатаційні показники, пов'язані з теплостійкістю та тріщиностійкістю.

Національний метод

Описаний в даній статті національний метод взято з проєкту ДСТУ [6], що наразі знаходиться на прийнятті в національному органі стандартизації.

Проєкт ДСТУ [6] установлює чіткі вимоги до зернового складу асфальтобетонних сумішей залежно від їх виду, типу та різновиду зернового складу асфальтобетонної суміші, а також групи асфальтобетону. Також в проєкті ДСТУ [6] установлено область застосування асфальтобетонних сумішей на основі проведення комплексних досліджень та досвіду їх використання, що повинно спрощувати проєктування складу асфальтобетонних сумішей.

Проєктування складу асфальтобетонних сумішей відповідно до проєкту ДСТУ [6] включає наступне.

1) На основі визначеного зернового складу передбачених для використання заповнювачів встановлюють таке співвідношення між ними, щоб зерновий склад їх суміші відповідав значенням установлених вимог для призначеного типу асфальтобетонної суміші (орієнтовно наближаючись до їх середніх значень).

2) Установлюють базовий вміст бітуму $\tilde{Б}$ (у відсотках за масою понад 100 відсотків заповнювачів) залежно від виду, типу та різновиду зернового складу асфальтобетонної суміші, а також групи асфальтобетону.

3) Призначають декілька значень вмісту бітуму $Б$ (не менше трьох) для лабораторного виробництва асфальтобетонної суміші: $Б_1 = \tilde{Б}$, $Б_2 = \tilde{Б} - n$, $Б_3 = \tilde{Б} + n$, $Б_4 = \tilde{Б} - 2n$, $Б_5 = \tilde{Б} + 2n$ тощо (n приймають в межах від 0,3 % до 0,5 %).

4) Виробляють проби асфальтобетонної суміші з призначеним вмістом бітуму та виготовляють зразки методом пресування для визначення фізико-механічних властивостей асфальтобетону: залишкової пористості ($V_{пор}$) та границі міцності при стиску за температури 50 (20) °С ($R_{50\,(20)}$). Також може бути вибрано додатково інші показники фізико-механічних властивостей асфальтобетону. Ущільнювальне навантаження залежить від типу асфальтобетону.

5) Будують графіки залежностей $V_{пор} = f(Б)$ та $R_{50\,(20)} = f(Б)$.

6) На основі отриманих даних за оптимальний вибирають такий вміст бітуму $Б$, за якого залишкова пористість асфальтобетону наближається до середнього нормативного значення, а границя міцності асфальтобетону при стиску за температури 50 (20) °С відповідає установленим вимогам. Якщо асфальтобетон не відповідає даним вимогам, вносять корективи в склад асфальтобетонної суміші, замінюючи її складники та (або) змінюючи їх кількісне співвідношення.

7) Виготовляють зразки за встановленого значення оптимального вмісту бітуму $Б$ та перевіряють відповідність асфальтобетону установленим вимогам, зокрема за водостійкістю. У разі потреби вносять необхідні корективи для забезпечення відповідності асфальтобетону встановленим вимогам.

Як можемо бачити, у національному метод підбирання складу асфальтобетонних сумішей використано той самий принцип визначення оптимального вмісту бітумного в'яжучого, однак існує відмінність у методі виготовлення зразків асфальтобетону. Це обумовлює необхідність проведення відповідних досліджень щодо порівняння об'ємних властивостей асфальтобетонів, отриманих різними методами ущільнення асфальтобетонних сумішей.

Висновки

Національний метод проєктування складу асфальтобетонних сумішей є дуже схожим на метод Маршала та метод Суперпейв в частині визначення оптимального вмісту бітумного в'яжучого за об'ємними властивостями асфальтобетону. Відмінність полягає тільки у тому, що відповідно до методу Маршала та Суперпейв за оптимальний обирають такий його вміст, за якого вміст повітряних пор становить 4,0 %. Відповідно ж до національного методу проєктний вміст повітряних пор змінюється залежно від типу асфальтобетонної суміші.

Суттєвою інновацією методу Суперпейв є визначення експлуатаційних показників асфальтобетону, таких як колієстійкість, тріщиностійкість та стійкість до утворення тріщин від утоми матеріалу. Ймовірно дані методи з часом також потрібно впроваджувати в Україні.

Відмінність між трьома методами полягає в методі ущільнення. У методі Маршала використовують ударне ущільнення з кількістю ударів залежно від транспортного навантаження. У методі Суперпейв – обертове ущільнення з кількістю обертів залежно від транспортного навантаження. У національному методі ущільнення виконують пресуванням з тиском залежно від типу асфальтобетонної суміші. При цьому, можна стверджувати, що у методі Маршала та методі Суперпейв із збільшення транспортного навантаження має місце збільшення кількості ударів або обертів, водночас національному методі навпаки – із збільшенням транспортного навантаження ущільнювальний тиск зменшується, що є доволі нелогічним.

Використання різних методів ущільнення асфальтобетонних сумішей може призводити до отримання асфальтобетонів з різними об'ємними властивостями, що впливатиме як на оптимальний вміст бітуму, так і на експлуатаційні показники асфальтобетону, тому подальші дослідження має бути спрямовано на установлення впливу методу ущільнення на об'ємні властивості асфальтобетонів та їх взаємозв'язку з виробничим ущільненням асфальтобетонних сумішей.

Список літератури

1. Золотарев В.А. Дорожные битумные вяжущие и асфальтобетоны. Часть 2. Дорожные асфальтобетоны : учебник. Харьков: ХНАДУ, 2016. 204 с.

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

3. AASHTO (2013) AASHTO M 323-13. Standard specification for Superpave volumetric mix design. AASHTO, Washington, DC, USA (Інформація та документація).

4. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. Київ, 2016. 64 с. (Інформація та документація).

5. The Shell Bitumen Handbook, Sixth edition, Dr Robert N. Hunter, Andy Self and Professor John Read, Shell International Petroleum Company Ltd, 2015.

6. Проєкт ДСТУ XXXX-1 Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон. Технічні умови. Частина 1. Гарячі суміші. Київ, 2022. 40 с. (Інформація та документація).

References

1. Zolotarev V.A. Dorozhnye bytumnye vyazhushchye y asfaltobetony. Chast 2. Dorozhnye asfaltobetony [Road bituminous binders and asphalt concretes. Part 2. Road asphalt concrete: textbook] : textbook. Kharkiv: KHNADU, 2016. 204 p. [in Russian].

2. Asphalt Design Mix Methods. 7th Edition. USA, 2014. 188 p. [in English].
3. AASHTO (2013) AASHTO M 323-13. Standard specification for Superpave volumetric mix design. AASHTO, Washington, DC, USA (Information and documentation).
4. DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfaltobetonni i asfaltobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Metody vyprobuvan [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-319:2016) Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Test methods]. Kyiv, 2016. 64 p. (Information and documentation).
5. The Shell Bitumen Handbook, Sixth edition, Dr Robert N. Hunter, Andy Self and Professor John Read, Shell International Petroleum Company Ltd, 2015.
6. Proyekt DSTU XXXX-1 Sumishi asfaltobetonni ta asfaltobeton. Tekhnichni umovy. Chastyna 1. Haryachi sumishi [Asphalt concrete and asphalt concrete mixtures. Specifications. Part 1. Hot mixtures]. Kyiv, 2022. 40 p. (Information and documentation).

Ivan Kopynets, *Ph.D., https://orcid.org/0000-0002-0908-4795*
Oleksii Sokolov, *https://orcid.org/0000-0002-4694-9647*
Anton Zheltobriukh, *https://orcid.org/0000-0003-0764-8793*
Vasyl Holovchenko, *https://orcid.org/0000-0001-5078-8682*

M.P. Shulgin State Road Research Institute –DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

REVIEW OF METHODS FOR ASPHALT MIXTURES DESIGN

Abstract

Introduction. Asphalt mixtures are the most widely used road construction material for the arrangement of the top layers of road pavement. Asphalt mixtures are also used to arrange airfield runways, bridges deck surfacing, streets, pedestrian and cycle paths, etc. There is a large number of asphalt mixtures types that differ by grading, the largest nominal aggregate size, crushed stone content, crushed and uncrushed sand content, quality of components, and viscosity of the bitumen binder.

Problem statement. The national method for asphalt mixture design is very similar to the Marshall method and the Superpave method in terms of determining the optimal bitumen binder content by the bulk properties of asphalt concrete. The only difference is that, according to the Marshall and Superpave methods, the optimal bitumen content is the one with an air pore content of 4.0 %. However, in accordance with the national method, the design air pore content varies depending on the type of asphalt mixture.

A significant innovation of the Superpave method is the determination of asphalt performance indicators, such as rutting resistance, crack resistance, and resistance of the material to fatigue cracking. Apparently, these methods should also be implemented in Ukraine over time.

Purpose. Analysis of the methods for asphalt mixtures design.

Results. The analysis of literary sources on different methods of asphalt mixtures design was carried out.

Conclusions. The use of different methods of asphalt mixtures compaction can lead to the production of asphalt concrete with different volumetric properties, which will affect both the optimal bitumen content and the performance of asphalt concrete, thus further research should be aimed at defining the effect of the compaction method on the volumetric properties of asphalt concrete and their relationship with the production compaction of asphalt mixtures.

Keywords*:* asphalt mixture, asphalt concrete, Marshall method, Superpave method, volumetric properties, asphalt mixtures design.