

УДК 665.775

Пиріг Я. І., канд. техн. наук, ст. наук. співр., <https://orcid.org/0000-0003-0957-2251>Оксак С. В., канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-3084-3469>Ільїн Я. В., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0003-2998-3955>Місніченко С. О., <https://orcid.org/0009-0004-1697-9249>*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ), м. Харків, Україна*

ОГЛЯД МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ЛИТОЇ АСФАЛЬТОБЕТОННОЇ СУМІШІ, ЯКИЙ БАЗУЄТЬСЯ НА ВСТАНОВЛЕННІ ГЛИБИНИ ЗАНУРЮВАННЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТРИЖНЯ

Анотація

Вступ. Литі асфальтобетони є одним з найдавніших дорожньо-будівельних матеріалів, що застосовувалися для влаштування покриттів автомобільних доріг.

Проблематика. Литий асфальтобетон є різновидом гарячих асфальтобетонів, особливістю якого є підвищена кількість мінерального порошку та бітумного в'язучого, завдяки чому литі суміші можуть укладатися в дорожнє покриття без ущільнення. Виходячи з цього одним з найголовніших технологічних показників якості литих асфальтобетонних сумішей є їх пластичність (рухомість). Саме цей показник є одним з найголовніших для проектування складу литої асфальтобетонної суміші, встановлення оптимальної кількості бітумного в'язучого та призначення технологічних температур приготування суміші на заводі та укладання її в дорожнє покриття. Не зважаючи на це, на даний час, у вітчизняній дорожній галузі цей показник не визначається та не нормується.

Мета. Метою роботи був огляд методу визначення пластичності литої асфальтобетонної суміші, який базується на встановленні глибини занурення випробувального стрижня, а також встановлення можливості та доцільності його використання для оцінювання якості литих сумішей.

Матеріали та методи. В якості об'єкта дослідження прийнято метод визначення пластичності литої асфальтобетонної суміші, який полягає у встановленні глибини занурення випробувального стрижня, що використовується в країнах Європи для підбору складу литих сумішей та встановлення оптимальних температурних режимів їх виготовлення та укладання в покриття. Перевірка методу визначення пластичності здійснювалась на литій асфальтобетонній суміші ЛАБС-10, виготовленій на нафтовому бітумі БНД 35/50, склад та властивості якої відповідають вимогам чинних вітчизняних нормативних документів.

Результати. У статті представлені результати апробації методу визначення пластичності литої асфальтобетонної суміші, який базується на встановленні глибини занурення випробувального стрижня. Встановлені переваги та недоліки даного методу та приладу, що використовується для визначення пластичності суміші, а також намічені подальші кроки щодо його вдосконалення. На основі експериментальної перевірки даного методу визначено його чутливість до складу литих асфальтобетонних сумішей та температури їх виготовлення. Встановлено, що комплексне оцінювання литих асфальтобетонних сумішей за показниками технологічної та експлуатаційної пластичності, дозволяє визначати на стадії проектування складу литих сумішей оптимальний вміст бітумного в'язучого та призначати найбільш раціональний температурний режим приготування та укладання сумішей.

Висновки. На основі експериментальної перевірки методу визначення пластичності (рухомості) литих асфальтобетонних сумішей, який базується на оцінюванні пластичності за глибиною занурювання випробувального пристрою (плунжера, штока, молотка) у суміш, встановлено можливість і доцільність його використання для: проектування складу литих сумішей; вибору оптимальної кількості бітумного в'язучого та встановлення прийнятних технологічних температур приготування та укладання сумішей.

Ключові слова: лита асфальтобетонна суміш, метод, пластичність (рухомість) суміші, температура.

Вступ

Литий асфальтобетон є найдавнішим різновидом гарячих асфальтобетонів [1], що зараз знаходить широке використання в дорожньому та цивільному будівництві для влаштування дорожніх та мостових покриттів, покриттів на паркінгах, у виробничих і житлових приміщеннях, влаштування гідроізоляції та інше. На відміну від інших видів, литі асфальтобетонні суміші при укладанні в покриття за рахунок високої пластичності (рухомості) ущільнюються під власною вагою. Виходячи з цього, важливим показником якості литих асфальтобетонних сумішей є саме їх пластичність (рухомість). На жаль, на даний час, ні у вітчизняній дорожній галузі, ні в дорожніх галузях інших країн світу цей важливий показник не є стандартизованим та обов'язковим для визначення.

Класифікація методів оцінювання пластичності литих асфальтобетонних сумішей

За час використання литих асфальтобетонних сумішей для влаштування дорожніх покриттів науковцями різних країн світу було створено певну кількість різних методів оцінювання пластичності, які можуть бути умовно розділені на такі, що базуються на:

1) визначенні часу або глибини занурювання випробувального пристрою (плунжера, штока, молотка) у суміш;

2) оцінюванні діаметра розтікання суміші під дією власної ваги;

3) встановленні значення крутного моменту мішалки під час перемішування литої суміші.

Методам кожної групи притаманні загальні особливості, переваги та недоліки.

Методи першої групи є найдавнішими та найбільш розповсюдженими (консистометр Хетчинсона, метод А. І. Риб'єва, метод Люєра та інші [2 – 5]). Загальний принцип їх дії полягає у визначенні або часу занурення індентора встановленої довжини у суміш або глибини занурення індентора у суміш за встановлений час. Перевагою методів цієї групи є простота конструкції приладів, що використовуються та відповідно їх низька вартість, малий час проведення випробування. Недоліками методів є: відносно великий обсяг суміші, потрібної для проведення випробування, швидке остигання поверхні суміші, що позначається на результатах (особливо це актуально у випадку проведення випробування за надто високих температур суміші чи надто низької температури навколишнього середовища). Методи цієї групи, враховуючи їх переваги та недоліки, використовуються зазвичай для проведення операційного контролю якості литих асфальтобетонних сумішей під час їх виготовлення на асфальтобетонних заводах та укладанні на місці влаштування дорожнього покриття.

Методи другої групи засновані на принципі розтікання суміші під дією власної ваги. Найбільш відомим є метод, що базується на використанні приладу Д. Абрамса [6, 7]. Методи цієї групи також є відносно простими у використанні, не потребують складного обладнання, дозволяють відносно швидко отримати результат та використовувати одну й ту ж саму суміш для декількох випробувань. До недоліків методу можна віднести: відносно великий обсяг литої асфальтобетонної суміші, потрібний для проведення випробування; різну швидкість остигання суміші в процесі випробування залежно від температурної чутливості бітумного в'язучого, складу литої суміші та температури проведення випробування; ймовірність отримання похибок у випадку налипання суміші на стінки приладу (спостерігається у випадку низької температури випробування або високої в'язкості бітумного в'язучого, що входить до складу суміші, у процесі випробування) або розриву суцільності литої суміші під час її витікання (спостерігається у випадку використання високов'язких бітумів або модифікованих бітумних в'язучих), які впливають на точність результатів та їх збіжність.

Методи, що входять до третьої групи є найбільш сучасними (зазвичай прилади оснащують різноманітними датчиками та комп'ютеризованими системами отримання та оброблення даних) і характеризуються найбільш точними та відтворюваними результатами, однак через недоліки, до яких

відноситься складність випробувального обладнання, його значна вартість, обмеженість сфери застосування (переважно для оцінювання пластичності сумішей із максимальним розміром зерен заповнювача 8 мм), ці прилади використовують виключно в наукових цілях у дослідницьких лабораторіях і майже не застосовуються у виробничих лабораторіях. Згідно з принципами, що покладені в основу методів цієї групи, пластичність оцінюється за вимірюванням крутного моменту лопатей мішалки, який утворюється при перемішуванні асфальтобетонної суміші [8 – 10].

Прилад та методика визначення пластичності литих асфальтобетонних сумішей

У даний час співробітниками кафедри Технології дорожньо-будівельних матеріалів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету на замовлення Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України виконується робота, направлена на розроблення методу оцінювання пластичності (рухомості), що буде застосовуватися під час проєктування складу литих асфальтобетонних сумішей та оцінювання їх технологічних властивостей. В якості одного з можливих, розглянуто метод визначення пластичності литих асфальтобетонних сумішей, що було розроблено та стандартизовано в Чеській республіці. Використовуючи схему приладу (**рис. 1**), яка наведена в чеських національних стандартах (TP 238 [11] та ČSN 73 6160 [12]), за власні кошти виготовлено відповідний прилад, зовнішній вигляд якого представлено на **рис. 2**.

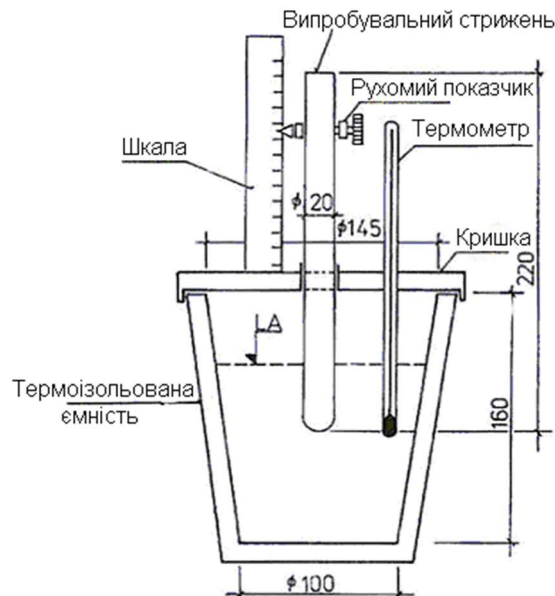


Рисунок 1 — Схема приладу для визначення пластичності (рухомості) литої асфальтобетонної суміші [11, 12]

Даний метод відноситься до першої групи та який базується на визначенні глибини занурювання випробувального пристрою в литу асфальтобетонну суміш за фіксований час (30 с).

Конструктивно прилад складається з наступних складових (**рис. 2**):

- товстостінної металевої ємності (1) у вигляді усіченого конуса (висота внутрішньої частини 160 ± 1 мм, діаметр більшої основи 145 ± 1 мм, діаметр меншої основи 100 ± 1 мм, в якій розміщують литу асфальтобетонну суміш, пластичність якої визначають;
- металевої кришки (2) з отворами для випробувального стрижня, термометра та візуального спостереження;
- металевого випробувального стрижня (3) діаметром 20 мм та вагою 350 г з показником глибини занурення;

— термометра (4), в якості якого використано вимірювач температури, що містить датчик і пристрій зчитування (діапазон вимірювання температури від 100 °С до 300 °С, найменша поділка шкали 1 °С, точність 1 °С);

— металевої лінійки (5) з межею вимірювань не менше 20 см та ціною поділки 1 мм.

Методика визначення пластичності литої асфальтобетонної суміші складається з підготовки суміші та безпосередньо її випробування. Литу асфальтобетонну суміш в кількості 4 кг виготовляли згідно з розділом 5 ДСТУ Б В.2.7-319 [13]. Виготовлену суміш завантажували в металеву ємність відповідного обсягу та разом з приладом (металева ємність, кришка та металевий випробувальний стрижень) розташовували в сушильній шафі за температури (200 ± 2) °С та витримували впродовж 30 хв.

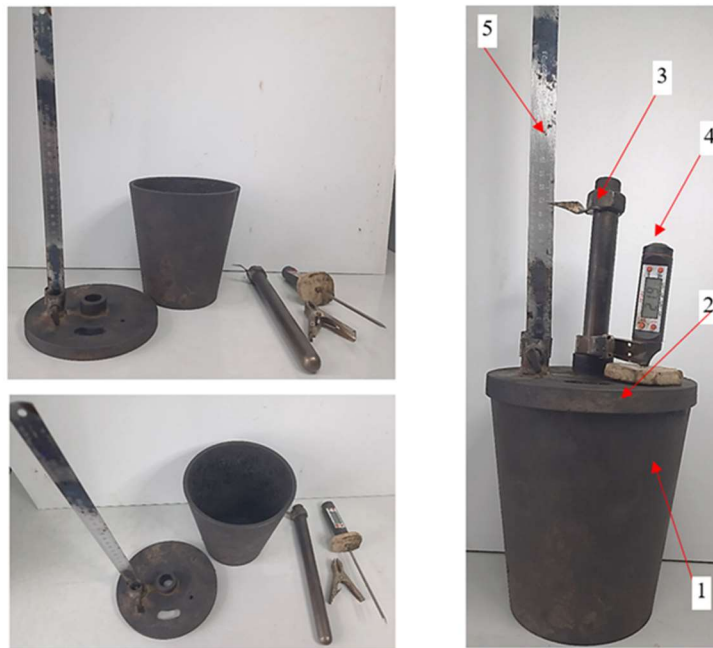


Рисунок 2 — Зовнішній вигляд приладу для визначення пластичності литої асфальтобетонної суміші

Витриману за технологічної температури литу асфальтобетонну суміш завантажували у металеву ємність та закривали кришкою. У відповідний отвір в кришці встановлювали термометр, занурюючи його в суміш, та фіксували температуру під час випробування. У відповідний отвір в кришці встановлювали випробувальний стрижень, нижня поверхня якого повинна бути занурена в суміш на $(3 \pm 0,2)$ см. За допомогою лінійки відмічали вихідне положення покажчика глибини занурення. Випробувальний стрижень відпускали, після чого відбувалося його занурення під дією власної ваги в литу асфальтобетонну суміш впродовж 30 с. Кожні 5 с за допомогою лінійки фіксували положення покажчика глибини занурення.

Після закінчення випробування литу асфальтобетонну суміш вивантажували у металеву ємність та ретельно переміщували. Ємність із сумішшю розташовували в сушильній шафі за температури що на 10 °С є вищою, ніж температура попереднього випробування, та після досягнення в сушильній шафі температури випробування, витримували впродовж 30 хв. Випробування повторювали за температур в діапазоні від 200 °С до 260 °С з поступовим підвищенням температури випробування на 10 °С. За необхідності діапазони температур випробування можуть бути розширені до 160 °С ... 280 °С, при цьому відповідне коригування температурного режиму повинно бути здійснено після випробування за перших двох температур.

Використовуючи експериментально отримані дані та номограму, представлену на **рис. 3**, було побудовано для кожної температури випробування залежність глибини занурення випробувального стрижня в суміш від часу занурення.

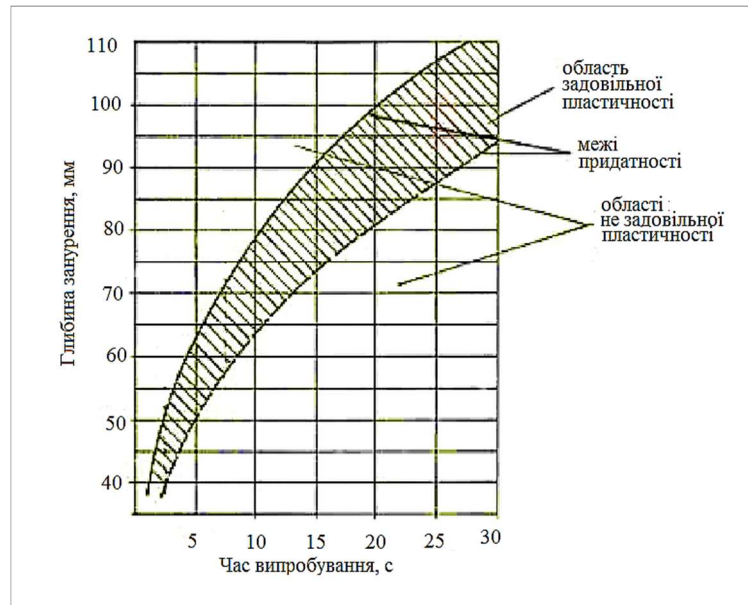


Рисунок 3 — Номограма для оцінювання рухомості литої суміші

Для кожної залежності встановлюють рівняння типу:

$$y = A + B \cdot T, \quad (1)$$

де y — глибина занурення штока, мм;
 A та B — коефіцієнти лінійної залежності;
 T — час занурення випробувального стрижня, с.

Використовуючи отримане рівняння визначають коефіцієнт кореляції, який повинен бути не меншим ніж 0,9.

За оптимальну температуру приготування литих асфальтобетонних сумішей може бути прийнята температура, за якої залежність глибини занурення випробувального стрижня від часу випробування знаходиться в межі придатності, представлений на номограмі (**рис. 3**), а інтервал можливих технологічних температур може бути визначено за залежністю глибини занурення випробувального стрижня за часу занурення 10 с та 20 с від температури випробування (**рис. 4**).

Під час апробації даного методу визначення пластичності (рухомості) литої асфальтобетонної суміші встановлено, що його суттєвими перевагами є: відносно невеликий обсяг литої асфальтобетонної суміші, потрібний для проведення випробування (≈ 4 кг); відносно малий час проведення випробування; проведення випробування в закритій термоізовованій ємності, що запобігає остиганню суміші та зменшує похибки під час проведення випробування; можливість точної фіксації температури литої суміші впродовж всього часу випробування; можливість проведення випробування за будь-якої температури в межах (180 – 280) °C; можливість розміщення приладу в сушильній шафі, що дозволяє проводити випробування за необхідною температурою; інформативність методу, яка полягає в отриманні за одне випробування експериментальних даних, за якими можливо побудувати залежність глибини занурення випробувального стрижня від часу його занурення та оцінити зміну швидкості занурення від часу випробування.

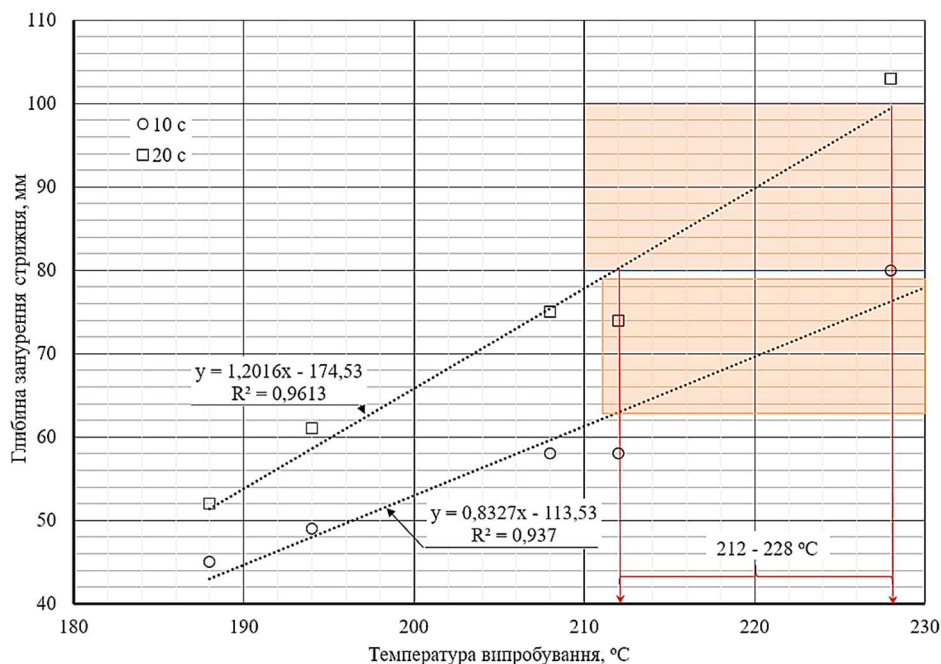


Рисунок 4 — Визначення інтервалу технологічних температур, що забезпечує задовільну пластичність (рухомість) литої асфальтобетонної суміші

До недоліків методу можна віднести:

- необхідність під час випробування одночасного контролювати два параметри (час та глибину занурення випробувального стрижня), що може призводити до певних похибок;
- під час випробування за високих технологічних температур спостерігається значне зниження температури литої асфальтобетонної суміші в металевій ємності; для запобігання цього є необхідним дообладнання металевої ємності, в якій знаходиться лита асфальтобетонна суміш, теплоізоляційним кожухом;
- залежність збіжності результатів випробування від гранулометричного складу литої асфальтобетонної суміші та температури випробування (з підвищенням вмісту крупного щебеню в суміші спостерігається зменшення точності отриманих результатів).

Для встановлення збіжності, отриманих даним методом результатів, було здійснено визначення пластичності (рухомості) литої асфальтобетонної суміші за різних температур. На основі отриманих даних (ряд залежностей наведено на (рис. 5) встановлено, що за однієї температури впродовж перших 10 с результати, незалежно від температури випробування, майже не відрізняються. Зі збільшенням часу випробування до 15 с різниця між значеннями показника пластичності збільшується до 4 – 8 мм, а при збільшенні часу випробування до 30 с різниця для деяких випробувань зростає до 10 мм. Таким чином, збіжність результатів визначення пластичності литих асфальтобетонних сумішей, основаної на визначенні глибини занурювання випробувального стрижня, після 10 с випробування не перевищує 1 – 2 мм, а після 20 с випробування 5 – 10 мм.

Експериментальне перевіряння визначення пластичності литих асфальтобетонних сумішей

Експериментальне перевіряння методу визначення пластичності литої суміші, який базується на встановленні глибини занурювання випробувального стрижня, здійснювали на суміші виду ЛАБС-10, гранулометричний склад якої відповідає вимогам, наведеним в проєкті ДСТУ XXXX-6:202X «Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон. Технічні умови. Частина 6. Литі суміші», що в даний час знаходиться на затвердженні в Національному органі стандартизації України ДП «УкрНДНЦ».

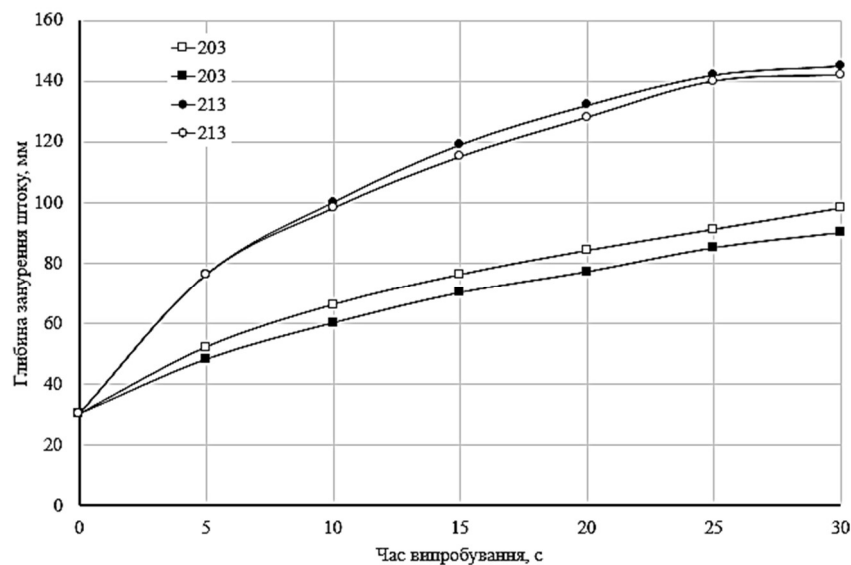


Рисунок 5 — Оцінювання збіжності визначення пластичності (рухомості) литої суміші

В якості в'язучого використано нафтовий дорожній бітум, що має наступні характеристики: пенетрація за температури 25 °С – (41 × 0,1) мм, температура розм'якшеності – 52,2 °С, температура крихкості – мінус 11 °С, зчеплюваність з поверхнею скла за температури 85 °С – 29,7 %, індекс пенетрації – мінус 1,11. Бітум приймався в кількості 9 %, 10 % та 11 %.

Кам'яні матеріали представлені гранітним щебнем фракції 5 – 10 мм та гранітним відсівом із Шматковського кар'єру Полтавської області.

Стандартні властивості литих асфальтобетонів наведені в **табл. 1**.

Таблиця 1

Стандартні властивості литих асфальтобетонів, що прийняті в дослідженні

Кількість бітуму, %	Температура виготовлення, °С	Середня густина асфальтобетону, г/см ³	Дійсна густина асфальтобетону, г/см ³	Залишкова пористість, %	Глибина вдавлення штамп за 40 °С, мм	Збільшення глибини вдавлення штамп, мм
9	210	2,341	2,399	2,45	2,57	0,28
	220	2,351		2,01	2,56	0,32
	230	2,357		1,74	2,41	0,29
	240	2,365		1,43	2,16	0,27
10	190	2,332	2,371	1,65	5,49	0,98
	200	2,337		1,54	4,57	0,88
	210	2,349		0,96	3,90	0,69
	220	2,355		0,88	3,23	0,66
	230	2,366		0,24	–	–
11	160	2,307	2,345	1,60	9,57	2,94
	180	2,306		1,65	7,75	2,00
	200	2,330		0,55	5,36	1,26
	220	2,336		0,38	5,20	1,15

Графічні залежності випробування литих асфальтобетонних сумішей представлені на **рис. 6**. Залежно від вмісту дорожнього бітуму в складі литої суміші випробування здійснювали в різних температурних діапазонах:

- для суміші ЛАБС-10 з 9 % бітуму – з 220 °С по 260 °С;
- для суміші ЛАБС-10 з 10 % бітуму – з 190 °С по 240 °С;
- для суміші ЛАБС-10 з 11 % бітуму – з 160 °С по 220 °С.

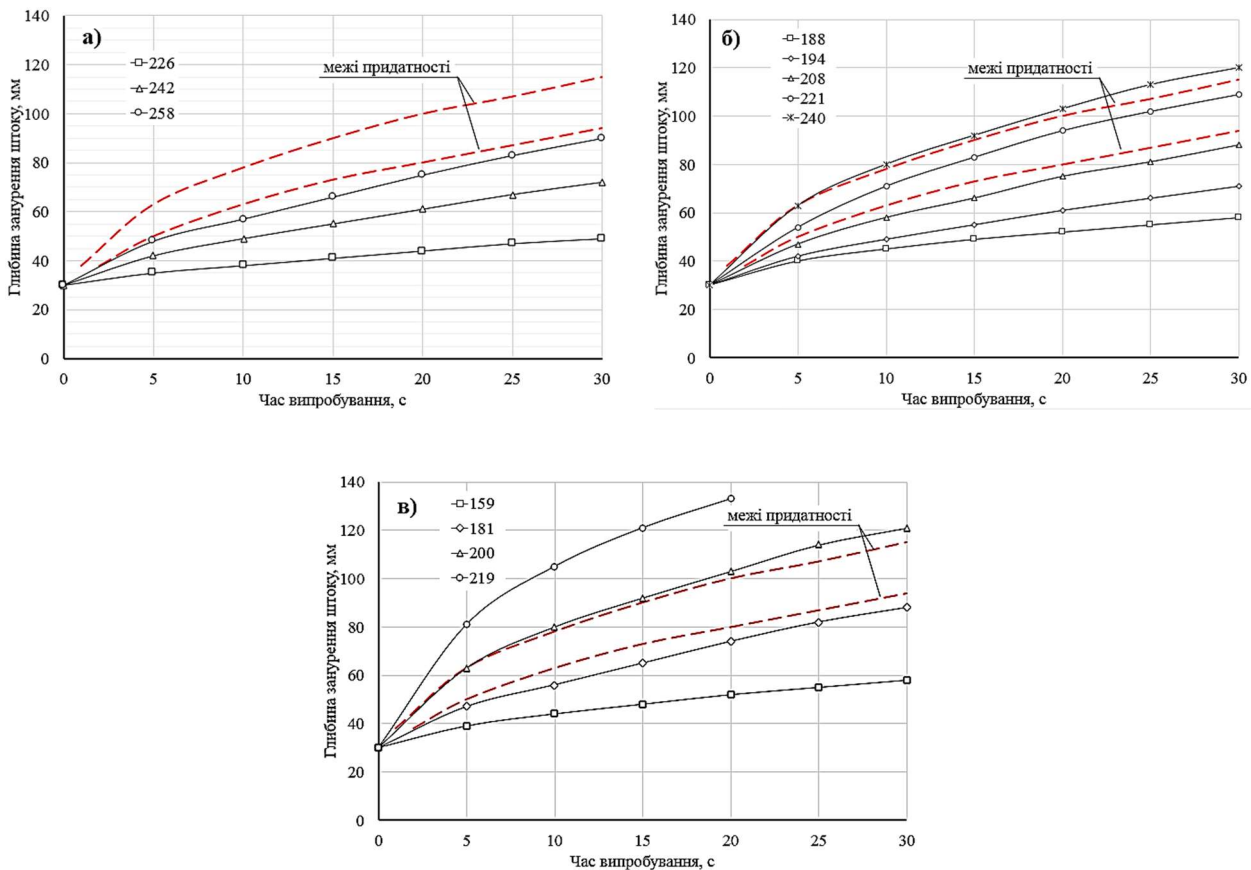


Рисунок 6 — Залежності глибини занурення штоку від часу випробування для литих асфальтобетонних сумішей ЛАБС-10 з різним вмістом бітуму: а – 9 %, б – 10 %, в – 11 %

Для литої асфальтобетонної суміші ЛАБС-10 з 9 % бітуму навіть при випробуванні за температури 258 °С не вдалось досягти нижньої нормованої межі придатності. Випробування за більш високої температури не виконувалось через значне зістарювання литої асфальтобетонної суміші та надто швидке її остигання під час випробування. Для литої асфальтобетонної суміші ЛАБС-10 з 10 % бітуму випробування здійснювалось як за температур, що перевищували 200 °С, так і за температурами, що були нижче. У той же час для асфальтобетонної суміші ЛАБС-10 з 11 % бітуму випробування здійснювалось за температур, що не перевищували 220 °С, оскільки вже при початковій температурі випробування в 200 °С часова залежність глибини занурення випробувального стрижня знаходилась на рівні верхньої нормованої межі.

Графічно визначені інтервали технологічних температур, що забезпечують задовільну пластичність (рухомість) литих асфальтобетонних сумішей складають:

- для суміші ЛАБС-10 з 9 % бітуму – 268 ... 283 °С;
- для суміші ЛАБС-10 з 10 % бітуму – 214 ... 233 °С;
- для суміші ЛАБС-10 з 11 % бітуму – 181 ... 197 °С.

Таким чином різниця між температурами, що відповідають верхній та нижній нормованій межі задовільної пластичності литої асфальтобетонної суміші ЛАБС-10 не залежно від кількості бітуму в її складі, є майже однаковою та становить (15 – 19) °С.

Під час проєктування складу литої асфальтобетонної суміші необхідно приймати такі температурні режими, які забезпечать задовільну технологічну пластичність суміші та нормовану експлуатаційну пластичність литого асфальтобетону, що визначається за показником вдавлювання штампів за температури 40 °С. На основі співставлення на одному графіку (рис. 7) температурних залежностей технологічної пластичності та значень глибини вдавлювання штампів встановлено, що для даного складу литої асфальтобетонної суміші буде оптимальною кількість бітуму 10 %, а температурний діапазон укладання литої суміші в покриття дорівнює (214 – 233) °С. У випадку збільшення кількості бітуму в складі литої суміші до 11 % спостерігається невідповідність між температурними діапазонами технологічної (181 °С ... 197 °С) та експлуатаційної (більше ніж 248 °С) пластичності. При зниженні кількості бітуму в складі литої суміші до 9 % суттєво зростають температури, що відповідають технологічній пластичності суміші (до 270 °С).

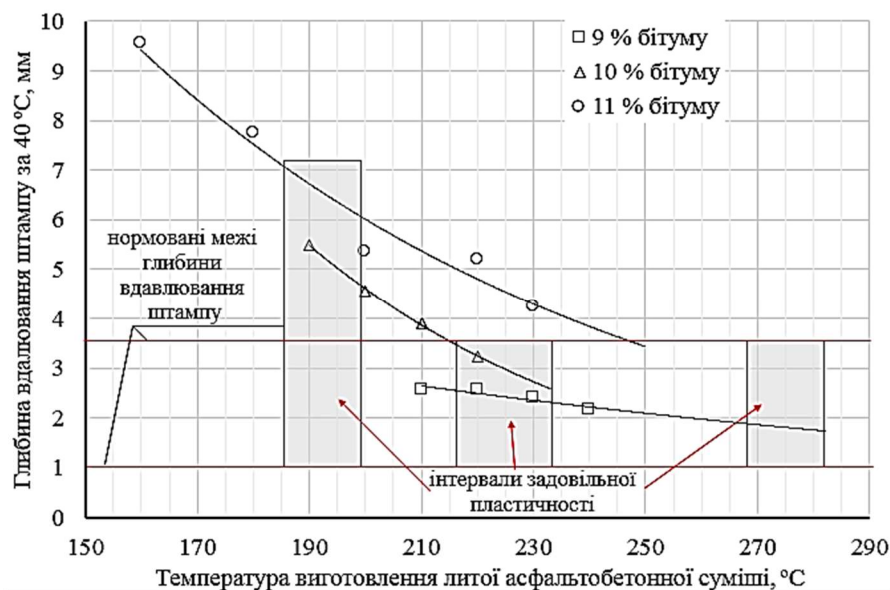


Рисунок 7 — Вибір оптимальної температури виготовлення литих асфальтобетонних сумішей за критеріями технологічної та експлуатаційної пластичності

Висновки

На основі експериментального перевіряння методу визначення пластичності (рухомості) литих асфальтобетонних сумішей, який базується на оцінюванні пластичності за глибиною занурювання випробувального пристрою (плунжера, штока, молотка) у суміш, встановлено можливість і доцільність його використання для: проєктування складу литих сумішей; вибору оптимальної кількості бітуму та встановлення прийнятних технологічних температур приготування та укладання сумішей.

Розглянутий метод має суттєві переваги, основними з яких є: простота конструкції приладу; відносно малий час випробування; відносно малий обсяг литої суміші, потрібний для проведення випробування; інформативність методу, яка полягає в можливості отримання за одне випробування набору даних, що дозволяють оцінити пластичність суміші. До недоліків методу можна віднести: необхідність одночасного контролювання двох параметрів випробування; значне зниження температури литої асфальтобетонної суміші під час випробування, що може бути виправлено шляхом дообладнання металевої ємності, в якій знаходиться лита асфальтобетонна суміш, теплоізоляційним кожухом; залежність збіжності результатів випробування від гранулометричного складу литої

асфальтобетонної суміші та температури випробування. Конструкція методу та методологія випробування знаходяться на даний час на стадії доопрацювання.

Список літератури

1. Abraham H. Asphalts and allied substances: their occurrence, modes of production, uses in the arts and methods of testing. D. Van Nostrand Company, Incorporated. 1920. 1536 p.
2. Staritzky M. Gussasphalt. Berlin, 1934. 112 p.
3. Chen J.S. et al. Fundamental characterization of engineering properties of gussasphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2011. T. 23. No. 12. P. 1719–1726.
4. Luo S. et al. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. 2017. T. 156. P. 131–141.
5. Jang Y.D., Park T.S., Lee J.S. A study on the performance improvement of gussasphalt mixture. *Journal of the Korean Asphalt Institute*. 2019. T. 9. No. 2. P. 176–193.
6. Muller M. Gussasphalt. Weiterbildung. 16.01.2021. 56 p.
7. Chen F., Jelagin D., Partl M. N. Experimental and numerical analysis of asphalt flow in a slump test. *Road Materials and Pavement Design*. 2019. T. 20. No. Sup 1. P. 446–461.
8. Ali A. et al. Workability evaluation of foamed warm-mix asphalt. *Journal of materials in civil engineering*. 2014. T. 26. No. 6. P. 1–6.
9. Gudimettla J.M., Cooley L.A., Brown E. Workability of hot mix asphalt. *Auburn University*. 2003. 66 p.
10. Bennert T. et al. Assessment of workability and compactability of warm-mix asphalt. *Transportation research record*. 2010. T. 2180. No. 1. P. 36–47.
11. TP 238 Předběžné technické podmínky, Nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS), Ministerstvo dopravy. Odbor pozemních komunikací. Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2011. 29 p.
12. ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí. 2008. 24 p.
13. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробування. [Чинний від 2017-04-01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 75 с. (Інформація та документація).

Reserences

1. Abraham H. Asphalts and allied substances: their occurrence, modes of production, uses in the arts and methods of testing. D. Van Nostrand Company, Incorporated. 1920. 1536 p. [in English].
2. Staritzky M. Gussasphalt. Berlin, 1934. 112 p. [in English].
3. Chen J.S. et al. Fundamental characterization of engineering properties of gussasphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2011. T. 23. No. 12. P. 1719–1726 [in English].
4. Luo S. et al. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. 2017. T. 156. P. 131–141 [in English].
5. Jang Y. D., Park T. S., Lee J. S. A study on the performance improvement of gussasphalt mixture. *Journal of the Korean Asphalt Institute*. 2019. T. 9. No. 2. P. 176–193 [in English].
6. Muller M. Gussasphalt. Weiterbildung. 16.01.2021. 56 p. [in English].
7. Chen F., Jelagin D., Partl M. N. Experimental and numerical analysis of asphalt flow in a slump test. *Road Materials and Pavement Design*. 2019. T. 20. No. Sup 1. P. 446–461 [in English].
8. Ali A. et al. Workability evaluation of foamed warm-mix asphalt. *Journal of materials in civil engineering*. 2014. T. 26. No. 6. P. 1–6 [in English].
9. Gudimettla J.M., Cooley L.A., Brown E. Workability of hot mix asphalt. Auburn University. 2003. 66 p. [in English].
10. Bennert T. et al. Assessment of workability and compactability of warm-mix asphalt. *Transportation research record*. 2010. T. 2180. No. 1. P. 36–47 [in English].
11. TP 238 Předběžné technické podmínky, Nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS), Ministerstvo dopravy. Odbor pozemních komunikací. Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2011. 29 p. [in Czech].
12. ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí. 2008. 24 p. [in Czech].

13. DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfaltobetonni i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Metody vyprovuvannia [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-319:2016) Asphaltic concrete mixtures, road and aerodromes asphaltic concrete. Test methods]. Kyiv, 2016. 75 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Yan Pyrig, Ph.D., Sen. Research, <https://orcid.org/0000-0003-0957-2251>

Serhii Oksak, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0002-3084-3469>

Iaroslav Iliyn, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0003-2998-3955>

Serhii Misnichenko, <https://orcid.org/0009-0004-1697-9249>

Kharkiv National Automobile and Highway University (KNAHU), Kharkiv, Ukraine

REVIEW OF THE METHOD FOR DETERMINING THE FLUIDITY OF THE MASTIC MIXTURE BASED ON THE ESTABLISHED IMMERSION DEPTH OF THE TEST ROD

Abstract

Introduction. Mastic asphalt concrete is one of the oldest road construction materials used for road pavements.

Problem Statement. Mastic asphalt concrete is a type of hot asphalt concrete, a feature of which is an increased amount of mineral powder and bitumen binder, due to which mastic mixtures can be placed in the road surface without compaction. Therefore, one of the main technological indicators of the quality of mastic asphalt mixtures is their fluidity. This indicator is one of the most important for designing the composition of the mastic asphalt mix, establishing the optimal amount of bitumen binder and setting the technological temperatures for preparing the mix at the plant and placing it in the road surface. Despite this, this indicator is not currently defined or standardized in the domestic road industry.

The purpose. The aim of the study was to review the method for determining the plasticity of mastic asphalt mixtures based on the immersion depth of the test rod, as well as to establish the possibility and feasibility of its use for assessing the quality of mastic mixtures.

Materials and methods. The object of study is the method for determining the plasticity of mastic asphalt mixtures based on the immersion depth of the test rod, which is used in European countries to select the composition of mastic mixtures and establish the optimal temperature conditions for their manufacture and paving. The method of determining plasticity was tested on a mastic asphalt mixture LABS-10 made on BND 35/50 bitumen, the composition and properties of which meet the requirements of current national regulatory documents.

Results. The article presents the results of testing a method for determining the plasticity of a mastic asphalt mixture based on the immersion depth of the test rod. The advantages and disadvantages of this method and the device used to determine the plasticity of the mixture are identified, and further steps to improve it are outlined. On the basis of experimental verification of this method, its sensitivity to the composition of mastic asphalt mixtures and their production temperature was determined. It has been established that a comprehensive assessment of mastic asphalt mixtures in terms of technological and operational plasticity makes it possible to determine the optimal content of bituminous binder at the design stage of the mastic mixtures composition and to assign the most rational temperature regime for the preparation and placement of mixtures.

Conclusions. On the basis of experimental verification of the method for determining the plasticity (mobility) of mastic asphalt mixtures based on the assessment of plasticity by the depth of immersion of the test device (plunger, rod, hammer) in the mixture, the possibility and expediency of its use for: designing the composition of mastic mixtures; selecting the optimal amount of bitumen and establishing acceptable technological temperatures for the preparation and placement of mixtures were established.

Keywords: mastic asphalt mixture, fluidity of the mixture, method, temperature.