

БУДІВНИЦТВО

УДК 625.731

Арсеньєва Н.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ ПОКРИТТЯ ПРИ РІЗНИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВАХ

У статті розглянуті питання визначення міцнісних характеристик асфальтобетонних шарів покриття під час роботи в різноманітних температурних умовах. Сучасні дорожні одяги є багатошаровими конструкціями і під час розрахунку необхідно мати у своєму розпорядженні дані про стан кожного окремого шару. Асфальтобетон є термопластичним матеріалом, адже фізико-механічні властивості залежать від температури розрахункового тіла. Таким чином, забезпечення нормативних вимог під час проектування і розрахунку конструкції нежорсткого дорожнього одягу повинно відбуватись тільки з урахуванням міцнісних показників асфальтобетонних шарів під час роботи в широкому температурному діапазоні.

Ключові слова: міцність асфальтобетонних шарів, нежорсткий дорожній одяг, асфальтобетонні шари, термопластичні властивості, модуль пружності.

Постановка проблеми. Асфальтобетон є найбільш поширеним матеріалом для влаштування дорожніх покриттів. Під впливом зростаючих транспортних навантажень і чинників довкілля термін служби асфальтобетонних покриттів не достатньо високий. У процесі експлуатації дорожнього одягу зміна властивостей асфальтобетону під навантаженням у часі відбувається з різною інтенсивністю. У асфальтобетонних шарах, що працюють у тих або інших умовах експлуатації, не дивлячись на високі нормативні показники фізико-механічних властивостей, можуть накопичуватись пластичні деформації і покриття перестає задовольняти нормативним вимогам.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наведені в літературі дані свідчать про те, що реальні міцнісні властивості асфальтобетонів залежать від дуже великої кількості параметрів (характеристик) асфальтобетонів, тобто кожна суміш індивідуальна, тому нормативи визначають межу придатності асфальтобетонів для будівництва.

У дорожніх покриттях експлуатаційні умови роботи асфальтобетону можуть відрізнятися великою різноманітністю температурно-вологісного режиму, температура асфальтобетону у верхньому шарі покриття може досягати близько +100°C у теплу пору року [1; 2; 3].

Питаннями зміни властивостей асфальтобетону (залежно від складу матеріалу і температури)

займалися такі вчені: А.О. Іноземцев, М.Ф. Почапський, В.К. Веренько, М.І. Волков, І.П. Гамеляк, Н.В. Горелишев, В.К. Жданюк, В.О. Золотарьов, В.В. Мозговий, І.А. Риб'єв, А.В. Руденській та ін.[4; 5; 6; 7; 8; 9]. Усі дослідники прийшли до єдиної думки, що за позитивних температур міцнісні характеристики і модуль пружності асфальтобетону (і асфальтобетонного шару) зменшуються зі зростанням температури незалежно від структури і складу асфальтобетону.

Постановка завдання. Основною метою дослідження є аналіз та визначення даних про міцність асфальтобетонних шарів для розрахунків нежорстких дорожніх одягів. Теорія міцності і метод розрахунку нежорсткого дорожнього одягу, як і будь-яких інших інженерних споруд, виявляються достатньо ефективними лише тоді, коли враховані основні фізичні явища, що виникають у конструкції за умов дії на неї навантажень і природних чинників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Тільки якщо розрахункова схема і критерії граничного стану, закладені в методику розрахунку, правильно відображають дійсний напружений стан, а також природу і характер деформацій, що мають місце в окремих елементах конструкцій, можна чекати задовільної відповідності між результатами розрахунку і поведінкою дорожнього одягу в експлуатації. Експлуатація в'язко-пружних матеріалів за високих рівнів навантаження і тем-

ператури зставляє переглянути концепцію розрахунку асфальтобетонних шарів. Моленаром [10] були встановлені чисельні значення комплексного модуля пружності асфальтобетону в діапазоні температур від 0°C – $E=1,5 \cdot 10^4$ кг/см² до +40°C – $E=2 \cdot 10^2$ кг/см². (одиниці виміру за першоджерелом). А.В. Руденським [4] запропонована залежність модуля пружності асфальтобетону від температури у вигляді логарифмічної залежності

$$\lg E = \lg E_0 - BT, \quad (1)$$

де E_0 – модуль пружності при 0°C ;

B – показник теплостійкості.

Румунський дослідник Рафіру [11] проаналізував велику кількість статистичного матеріалу і підготував таблицю модулів пружності різних дорожньо-будівельних матеріалів у великому діапазоні температур (табл. 1).

Таблиця 1

Модулі пружності асфальтобетону в експлуатаційному діапазоні температур (за Рафіром)

t°, C	Асфальтобетон гарячий щільний, $E, \text{кг/см}^2$	Асфальтобетон крупнозернистий пористий, $E, \text{кг/см}^2$
0°	30000	15000
5°	22000	-
10°	16000	10000
15°	12000	-
20°	10000	6500
30°	6000	4800
40°	4000	4150
50°	2000	-

На практиці проектування дорожніх одягів стали враховувати під час розрахунків за критеріями міцності змінні від температури модулі пружності із середини 80-х років минулого століття.

За даними ДерждорНДІ імені Шульгина, міцнісні характеристики всіх матеріалів, що оброблені органічними в'язучими, залежать від експлуатаційної температури (рис. 1).

За результатами аналізу рис.1 можна зробити висновок, що зі зростанням температури міцність зразків на розтяг при згині в діапазоні позитивних температур від 0 °C до +30 °C зменшується. Міцність зразків при короткочасному навантаженні у всьому діапазоні температур (від 0°C до +20°C) вище, ніж міцність при повільно зростаючому (триваліше діє) навантаженні, але з пониженням температури різниця зменшується. Це пояснюється тим, що з пониженням температури асфальтобетон має тенденцію наблизитися за властивостями до квазіпружного тіла.

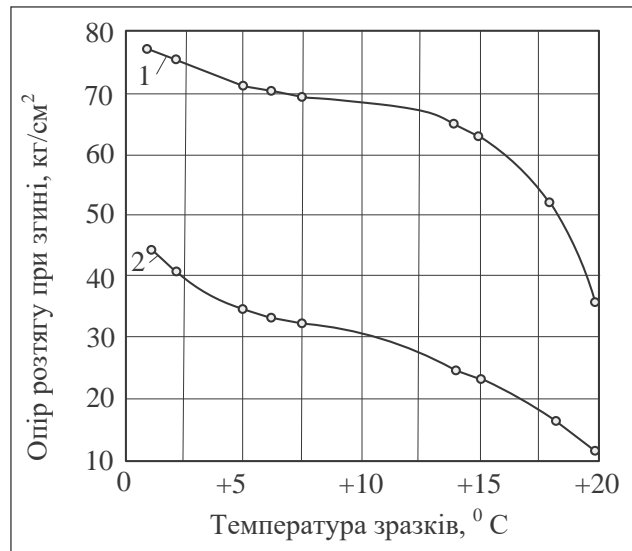


Рис. 1. Залежність межі міцності на розтяг при згині від температури при випробуваннях зразків з дрібнозернистого асфальтобетону за даними ДерждорНДІ ім. Шульгина:

- 1 – випробування короткочасним навантаженням (0,1 сек);
- 2 – випробування повільно зростаючим навантаженням (швидкість навантаження 100мм/хв)

На такі композитні матеріали, як асфальтобетон із коагуляційною структурою, чуттєво впливає температура. Окрім міцності на розтяг при згині, дуже важливо враховувати міцність на зсув.

Численні дослідження в Україні й інших країнах [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11] дозволяють оцінити вплив компонентів асфальтобетону на його зсувостійкість.

В.О. Золотарьов [8], указуючи на принципову структурну особливість асфальтобетону, що характеризується наявністю в ньому коагуляційних мікроструктурних зв'язків, не виключає впливу на його властивості й поведінку таких інших структурних чинників, як вигляд, розмір, характер поверхні, форма мінеральних зерен, а також кількісне співвідношення. Саме комплекс цих чинників наводить до формування асфальтобетону як складної багатокомпонентної конгломератної системи, для вивчення якої доцільно виділяти три структурні частини: макро-, мезо- і мікроструктуру. У кожному із структурних складників асфальтобетону є основні структуроутворюючі компоненти, що характеризують властивості системи: у структурі асфальтов'язучого – це мінеральний порошок, у структурі розчинної частини – пісок, а в макроструктурі – щебінь [8].

Дослідження в ХНАДУ під керівництвом професора В.К. Жданюка [9] і професора В.О. Золотарьова [3, 8], в НТУ – під керівництвом професора

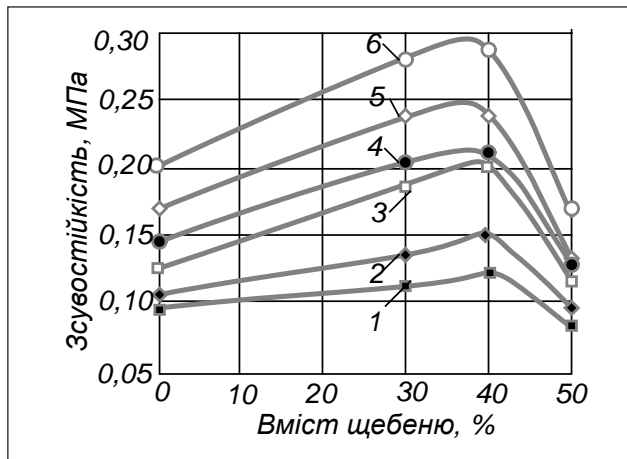


Рис. 2. Залежність опору зсуву від вмісту крупного мінерального заповнювача і марки в'язучого (за С.А. Чугуенко [12]):

- 1 – БНД 130/200;
- 2 – БНД 90/130;
- 3 – БНД 40/60;
- 4 – БНД 130/200 с 3 % СБС;
- 5 – БНД 90/130 с 3 % СБС;
- 6 – БНД 40/60 с 3 % СБС.

В.В. Мозгового [7]. Інші дослідження дозволяють оцінити вплив компонентів асфальтобетону на поведінку асфальтобетонних шарів як термопластичних систем.

На міцність асфальтобетону при температурах +30°C та вище істотно впливає вміст у ньому бітуму, який визначає особливості процесів тертяковзання в площинах, що формуються в процесі зсуву. Залежності зміни внутрішнього тертя і опору зсуву (кручення) від вмісту бітуму мають за експериментальними даними такий характер (рис. 2) [12].

В області надлишкового вмісту бітуму падіння міцності і внутрішнього тертя пов'язане з низькою в'язкістю в малій мірі структурованого в'язучого і зниженням впливу шорсткості поверхонь ковзання на показники зсуву. Уміст бітуму менше оптимального викликає погіршення опору зсуву і внутрішнього тертя в результаті пониження ефективності технологічних прийомів, падіння щільності, зменшення фактичної площі контактів площин ковзання.

Зниження в'язкості бітуму завжди викликає зменшення опору зсуву як підсумкової характеристики процесу деформування. При цьому внутрішнє тертя зі зміною в'язкості (як і температури) змінюється по складній залежності, для якої характерна наявність максимального значення. Із збільшенням температури вище оптимально, як і в разі малов'язких бітумів, величина коефіцієнта

визначається змащувальним ефектом плівок бітуму і асфальтов'язучої речовини.

Таким чином, температура випробування і в'язкість бітуму однаково впливають на величину опору зсуву і внутрішнього тертя асфальтобетону. У цьому разі чинниками, що визначають зсувостійкість, є сили зчеплення в асфальтобетоні, його когезійна міцність.

Дані рис. 2 характеризують вплив вмісту макроструктурних елементів на зсувостійкість. Асфальтобетон, що містить 40% щебеню, має найбільші значення внутрішнього тертя і зчеплення, оскільки в ньому вдало поєднуються властивості структурованих бітумних плівок і каркасу з мінеральних зерен щебеню. Фізико-механічні властивості асфальтобетонів дорожніх і щебенево-мастикових нормуються відповідними нормативними документами. Із низки нормативних фізико-механічних властивостей асфальтобетонів до міцнісних належить тільки міцність на стиск при температурах 0°C ;+ 20°C і + 50 °C.

Останніми роками для щебенево-мастикового асфальтобетону стали нормувати коефіцієнт внутрішнього тертя і зчеплення. Дослідженнями міцності асфальтобетонів на стиск займаються і займалися майже всі наукові й науково-дослідні центри України, Білорусі, Казахстану та інших країн. Дослідження границі міцності асфальтобетонів на розтяг за позитивних температур більше +20°C проводилися у Білорусі (БелДорНДІ), Україні (ХАДІ), Росії (МАДІ, СоюздорНДІ). А от дослідженнями границі міцності асфальтобетонів на кручення займалося дуже вузьке коло дослідників (ХНАДУ – ХАДІ, МАДІ, СоюздорНДІ).

Наведені в літературі дані свідчать про те, що реальні міцнісні властивості асфальтобетонів залежать від дуже великої кількості параметрів (характеристик) асфальтобетонів, тобто кожна суміш індивідуальна. Під час досліджень стиску дослідники використовували різні методики, різниця в яких полягає в різній швидкості навантаження.

Більшість досліджень ґрунтується на швидкості деформування зразків 3 мм/хв., тобто на стандартній методиці. А.О. Іноземцев [13] наводить дані 20-ти секундної міцності на стиск, розтяг і кручення (див. табл. 2).

Найбільший обсяг даних із випробування асфальтобетонів на кручення накоплений на кафедрі ТДБМіХ ХНАДУ. Спираючись на дослідження [3; 8], можна стверджувати таке: міцність на кручення суттєво залежить від швидкості навантаження.

Таблиця 2

Двадцятисекундна міцність асфальтобетону

Тип асфальтобетону	Температура t , °С	А.О. Іноземцев			
		R_{cm} , МПа	$R_{роз}$, МПа	$\sigma_{кр}$, МПа	Коефіцієнт довготривалої міцності на розтяг і стиск
Дрібнозернистий на бітумі БНД 60/90	50	1,65	0,20	0,35	0,20

Таблиця 3

Середні відношення $R_{cm} / R_{роз}$

Тип асфальтобетону	Температура випробувань	Відношення $R_{cm} / R_{роз}$
асфальтобетон дрібнозернистий	$t = +50^\circ\text{C}$	8,25
асфальтобетон середньозернистий	$t = +50^\circ\text{C}$	8,69
піщаний асфальтобетон	$t = +50^\circ\text{C}$	10,00
	$t = +40^\circ\text{C}$	4,00
	$t = +20^\circ\text{C}$	2,50

Якщо швидкість навантаження зростає у 15 разів, опір крученню зростає у 2–3 рази. Для двадцятисекундної міцності на кручення (0,35 МПа) [13] і навантажень з швидкістю 1 кг/хв. ($\sigma_{кр} = 0,09$) різниця в 4 рази.

Опір крученню зростає залежно від вертикального навантаження майже в 1,5–2 рази від розміру фракцій щебеню і марки бітуму [13].

Опосередковано міцність на розтяг визначається за Бразильським методом (на розкол). Даних про міцність за одновісного розтягу при підвищених позитивних температурах дуже мало. Пов'язано це зі складністю випробувань на одновісний розтяг. М.В. Горелишев досліджував простий розтяг на розривній машині МАДІ. М.Ф.

Почапський випробував асфальтобетон на розтяг за аналогічним принципом. А.О. Іноземцев [13] наводить дані 20-тисекундної міцності на розтяг.

За температури $+50^\circ\text{C}$ міцність асфальтобетону на розтяг за даними А.О. Іноземцева,

М.Ф. Почапського, Цихлера складає для щільного дрібнозернистого асфальтобетону на бітумі з в'язкістю ≈ 104 пз від 0,2 МПа до 0,26 МПа. Міцність на розтяг, як і міцність на кручення, суттєво залежить від структури асфальтобетону, особливо від в'язкості бітуму.

Крім того, співвідношення міцності на стиск R_{cm} і міцності на розтяг $R_{роз}$ не є постійним і залежить не тільки від температури, а й від типу асфальтобетону. Згідно з дослідженнями М.Ф. Горелишева, А.О. Іноземцева, О.М. Богуславського, в таблиці 3 наведено середні відношення R_{cm} і $R_{роз}$.

Таким чином, узагальнюючи вищевикладене, можна констатувати:

- численні теоретичні й експериментальні дослідження переконливо свідчать про те, що деформативні й міцнісні характеристики асфальтобетонів істотно залежать від структури, складу й експлуатаційної температури;

- в умовах, коли температура дорожньої конструкції, особливо покриття, змінюється не лише протягом року, але й місяця, і доби, за розрахунках на міцність дорожнього одягу необхідно враховувати змінні в часі міцнісні характеристики асфальтобетону;

- у наш час за розрахунків асфальтобетонних шарів дорожнього одягу не враховують специфічні деформації асфальтобетонного покриття: напливи, зсуви, колійність і руйнування.

Висновки. Проведений аналіз показує, що для кожного типу асфальтобетону, який буде або вже застосовується під час будівництва, необхідно визначати розрахункові характеристики випробуваннями і встановити для конкретної конструкції мінімальні значення міцнісних розрахункових характеристик асфальтобетону.

Список літератури:

1. Гамеляк І.П., Якименко Я.М. Аналіз впливу метеорологічних факторів на роботоздатність конструкції дорожнього одягу. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2008. Вип. 75. С. 336–340.
2. Горелишев Н.В., Пантелеєв Ф.И. О пластичности дорожного асфальтобетона. Труды МАДИ. М.:Дориздат, 1953. Вып.15. С. 138–152.
3. Золотарев В.А., Ткачук Ю.П. Исследование вязкоупругого поведения асфальтобетона. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура. 1973. №1. С. 133–137.
4. Руденский А.В., Штронберг А.А., Шестакова Н.А. Сопоставление режимов работы асфальтобетона в различных условиях эксплуатации дорожных покрытий. Труды Гипродорнии. Москва: 1974. Вып. 9. С. 3–13.
5. Богуславский А.М. Основы реологии асфальтобетона Москва: Высшая школа, 1972. 200 с.

6. Бонченко Г.А. Асфальтобетон. Сдвигуостойчивость и технология модифицирования полимером. Москва: Машиностроение, 1994. 176 с.
7. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11. Киев, 1996. 406 с.
8. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов Киев: Вища школа, 1977. 114 с.
9. Жданюк В.К., Доценко В.М., Чугуенко С.А., Воловик О.О. До питання про методи оцінки та показники зсувостійкості асфальтобетонів. Автошляховик України. 2008. №3. С.28–30.
10. Molenaar J. M., Kool W. Solute redistribution in stirring cast Al–6Cu .Material Science. 1989. 24. № 5. P. 1782–1794.
11. Rafiroin M. Essai dietude stotigues des consontes elastigues des motiring ronties. Revul Generale des Routes des Aerodromes. 1971. № 467. P. 51–56.
12. Чугуенко С.А. Сдвигуостойчивость асфальтобетонов на битумах, модифицированных полимерами: дис. ... канд. тех. наук. : 05.22.11. ХНАДУ. Харьков, 2006. 185с.
13. Иноземцев А.А. Битумно-минеральные материалы. Л.: Стройиздат, 1972. 151 с.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрены вопросы определения прочностных характеристик асфальтобетонных слоев покрытия при работе в различных температурных условиях. Современные дорожные одежды являются многослойными конструкциями и при расчете их необходимо располагать данными о состоянии каждого отдельного слоя. Асфальтобетон является термопластичным материалом, ведь физико-механические свойства зависят от температуры расчетного тела. Таким образом, обеспечение нормативных требований при проектировании и расчете конструкции нежесткой дорожной одежды должно происходить только с учетом прочностных показателей асфальтобетонных слоев при работе их в широком температурном диапазоне.

Ключевые слова: прочность асфальтобетонных слоев, нежесткая дорожная одежда, асфальтобетонные слои, термопластичные свойства, модуль упругости.

ANALYSIS ASPHALT CONCRETE PAVEMENT STRENGTH CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF AT DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS

The article considers the questions of the asphalt concrete layers strength characteristics determination when it working in different temperature conditions. Modern pavement are multilayered structures and when calculating them it is necessary to have data on the state of each individual layer. Asphalt concrete is a thermoplastic material – the physical and mechanical properties depend on the temperature of the design body. Thus, the provision of regulatory requirements when designing and calculating the flexible pavement construction should only take into account the asphalt-concrete layers strength characteristics when it operating in a wide temperature range.

Key words: strength of asphalt-concrete layers, flexible pavement, asphalt-concrete layers, thermoplastic properties, modulus of elasticity.