

Онищенко А.М. канд. техн. наук, Гаркуша М.В.,
Різніченко О.С., Гаташ Я.С., Куртєв В.С.

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ РЕЛАКСАЦІЇ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

Анотація. У статті проведений аналіз результатів визначення функції релаксації, асфальтобетонів різних типів, визначено модуль пружності асфальтобетонів за допомогою маятникового та ультразвукового приладу.

Розроблено аналітичні залежності для визначення функції релаксації і температурно-часового зміщення для асфальтобетонів типу Г, Б-10, Б-20, ЩМА-10 та ЩМА-20 на основі звичайного бітуму (БНД 60/90), бітуму модифікованому полімерним латексом (2 %, 4 % і 6 %), а також при введенні полімерного латексу безпосередньо в суміш при її приготуванні (3 % та 6 %).

Ключові слова: розрахункові характеристики, асфальтобетонне покриття, функція релаксації, модуль пружності

Аннотация. В статье приводится анализ результатов определения функции релаксации, асфальтобетонов различных типов, определены модуль упругости асфальтобетонов с помощью маятникового и ультразвукового прибора.

Разработаны аналитические зависимости для определения функции релаксации и температурно-временного смещения для асфальтобетонов типа Г, Б-10, Б-20, ЩМА-10 и ЩМА-20 на основе обычного битума (БНД 60/90), битума модифицированном полимерным латексом (2% , 4% и 6%), а также при введении полимерного латекса непосредственно в смесь при ее приготовлении (3% и 6%).

Ключевые слова: расчетные характеристики, асфальтобетонное покрытие, функция релаксации, модуль упругости

Annotation. In the article analyzed the results of the function relaxation, various types of asphalt, asphalt modulus determined using pendulum ultrasonic device.

The analytical dependence for the relaxation of the function and temperature-time offset for asphalt type G, B-10, B-20, SMA-10 and SMA-20 on the basis of

conventional bitumen (BND 60/90) latex polymer modified bitumen (2% , 4% and 6%), and with the introduction of the polymer latex directly to the mixture during its preparation (3% and 6%).

Keywords: calculation of characteristics, asphalt pavement, functions relaxation modulus of elasticity

Вступ

При проектуванні дорожнього одягу модуль пружності – є основним деформаційним показником матеріалів шарів одягу, який визначають при часу дії навантаження на зразок, що відповідає розрахунковій тривалості навантаження від транспортних засобів в умовах експлуатації дорожнього одягу.

Основна частина

Дорожні одяги на перегонах доріг розраховують на короткочасну багаторазову дію рухомих навантажень. Тривалість дії навантажень при сучасних швидкостях руху вантажних автомобілів приймають рівною 0,1 с, модуль пружності визначений при даному часу дії навантаження називають динамічним. В той же час, дорожній одяг на зупинках, перехрестях доріг, на підходах до пересічень із залізничними шляхами, тощо розраховують на багаторазову короткочасну дію навантаження, а також на тривале одноразове навантаження. При розрахунку одягу на тривалу дію навантаження використовуються значення модуля пружності матеріалів і ґрунтів, визначені при тривалості навантаження не менше 600 секунд, відповідно даний модуль пружності носить назву статичний.

В діючому стандарті [1] наведено розрахункові значення модуля пружності тільки для типу Б, а для типу А пропонується підвищити представлені значення на 20 %, для типу В – зменшити на ті ж самі значення на 20 %, відсутність даних про модуль пружності асфальтобетонів модифікованих полімерними в'язучими, наприклад, на основі бітуму модифікованому полімерним латексом, а також із асфальтобетонних сумішей модифікованих цим полімером при його введенні безпосередньо в асфальтозмішувач під час приготування суміші стало метою даної роботи.

При проведенні експериментальних досліджень використовували асфальтобетони типу Г, Б-10, Б-20, ЩМА-10 та ЩМА-20 (далі – досліджувані асфальтобетони) на основі звичайного бітуму (БНД 60/90), бітумі

модифікованому полімерним латексом (2 %, 4 % і 6 %), а також при введенні полімерного латексу безпосередньо в суміш при її приготуванні (3 % та 6 %).

Визначення модуля пружності

Постійна, що зв'язує напруження та пружну відносну деформацію, називається модулем пружності (модулем Юнга) і є найважливішою деформаційною характеристикою пружних властивостей матеріалу. Із закону Р. Гука витікає, що модуль пружності – відношення поздовжнього нормального напруження σ_z до поздовжньої відносної пружної деформації $\varepsilon_z^{(e)}$, що викликана напруженням в умовах одноосьового напруженого стану:

$$E_e = \frac{\sigma_z}{\varepsilon_z^{(e)}}. \quad (1)$$

Модуль пружності E_e має розмірність напружень. Для ідеально пружного тіла E_e є одним із констант, що дає всю інформацію про деформаційні властивості тіла, необхідну для розрахунку напружень, переміщень та деформацій, що виникають в ньому при будь-якому навантаженні.

Вихідна залежність (1) використовується в теорії пружності та опорі матеріалів для вирішення різноманітних задач про напружено-деформований стан суцільного середовища.

Модуль пружності при температурі від 0 °С до 20 °С визначають за результатами випробувань короткочасно діючими навантаженнями зразків-балочок. Модуль пружності при підвищених температурах (30 °С – 40 °С) визначають за результатами випробувань циліндричних зразків.

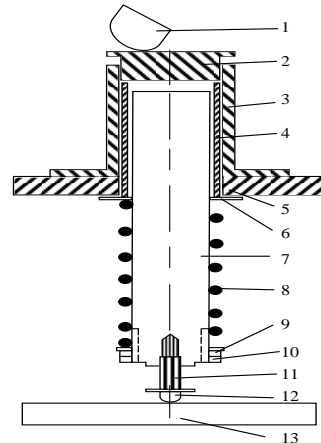
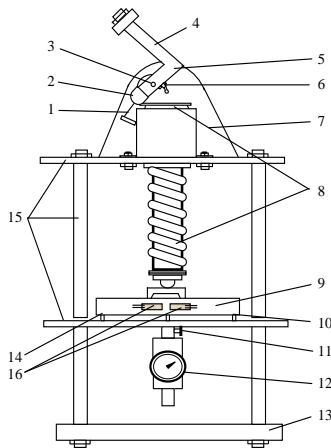
Визначення розрахункового модуля пружності на зразках-балочках за допомогою маятнікового приладу

Для визначення модуля пружності використовували пристрій, що забезпечує можливість багаторазового прикладання навантаження тривалістю дії 0,001 с – 0,1 с, з паузами між навантаженнями, що не менше ніж у 10 разів перевищують тривалість дії навантаження.

Для проведення випробування використовували маятніковий прилад ДерждорНДІ [1]. Пристрій ДерждорНДІ представляє собою маятник у вигляді важеля, що жорстко закріплений на каркасі зі сталевих стрижнів та станини. До верхньої площадки каркаса прикріплено механізм навантаження, а на середній площадці каркаса розміщено рухому та нерухому опори під зразок-балочку, що випробовується.

Порядок проведення випробування зразків-балочок для визначення модуля пружності такий:

– зразки-балочки боковою гранню укладають на двох опорах, які знаходяться одна від одної на відстані 12 см (рис. 1). Одна з опор – рухома 10, у вигляді шарніра, зокрема, у вигляді шарніра – стійки. Частина опори, на яку опирається зразок-балочка, має циліндричну поверхню радіусом 5мм;



1 – сферична частина ексцентрика; 2 – головка; 3 – вісь; 4 – важіль; 5 – різьбовий валик; 6 – шайба; 7 – кронштейн; 8 – механізм навантаження; 9 – зразок-балочка; 10 – рухома опора; 11 – фіксатор; 12 – індикатор годинникового типу; 13 – станина; 14 – нерухома опора; 15 – сталеві стержні; 16 – тензодатчики

Рисунок 1 – Маятниковий прилад при 4-х точковому випробуванні

Рисунок 2 – Механізм навантаження

– для зручності центрування, біля опор доцільно встановлювати фіксатори, що фіксують положення зразка, а подушку, що передає навантаження на зразок, зв'язували з опорною станиною за допомогою важеля та стійки. Навантаження повинне викликати напруження, рівне розрахунковому допустимому для найближчого аналога випробовуваного матеріалу. Воно може бути також прийняте рівним 0,2 – 0,3 від руйнівного навантаження, встановленого раніше випробуванням зразків на міцність;

– підготовлений до випробування зразок-балочку навантажують. Рівень навантажень встановлюється таким, щоб на основі випробувань можна було побудувати залежність. Зразки балочки випробують на розтяг при 4-х точковому згині (рис. 1, 2);

– вертикальний прогин зразка вимірюють за допомогою індикатора

годинникового типу. Вимірювання деформацій з фіксацією сигналів індикатором годинникового типу допускається при часі дії навантаження 0,1 с;

– визначення прямої та зворотної деформації вимірюють за допомогою комплексу (рис. 3) з використанням тензодатчиків. Програмно-апаратний комплекс є комплектом апаратури, призначеної для одержання і попереднього опрацювання інформації, що надходить із датчиків при проведенні тензометричних вимірів;

– під час випробувань асфальтобетонних зразків для вимірювання параметрів (напруження в асфальтобетонних зразках і повзучості) використовувались спеціальні тензометричні датчики (рис 4). Особливістю роботи цих вимірювальних пристроїв є здатність перетворювати вимірюваний параметр в аналоговий сигнал, який потім опрацьовується і фіксується на комп'ютері. Елементи тарування тензодатчиків зображено на рис. 5. Похибка комплексу становить близько 5%.



1 – блок живлення; 2 – концентратор-мультиплексор; 3 – адаптер; 4 – модулі аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП); 5 – з'єднувальні кабелі

Рисунок 3 – Програмно-апаратний комплекс



Рисунок 4 – Асфальтобетонні зразки з тензодатчиками

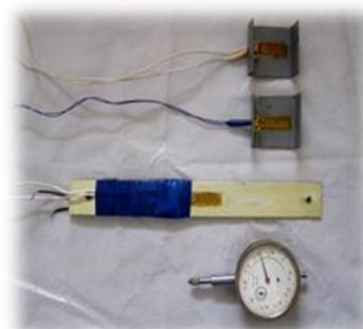


Рисунок 5 – Елементи тарування тензодатчиків

Обробка результатів випробування:

Користуючись ділянками лінійної залежності між зусиллями та деформаціями, обраховують значення динамічних модулів пружності E у МПа [2] для випробуваного матеріалу за залежністю:

$$E = k_w \frac{F \cdot l^3}{28,174 \cdot w \cdot J}, \quad (2)$$

де F – довільне значення навантаження;

l – проліт балки;

$\bar{w} = W_{np.}$ – середнє значення динамічного та статичного прогину (повзучість), що відповідає значенню навантаження F на прямолінійній ділянці графічної залежності [3];

k_w – коефіцієнт форми зразка, який визначається за допомогою програми SCAD [3];

J – момент інерції поперечного перерізу зразка ($J = bh^3/12$, де h , b – відповідно висота і ширина зразка).

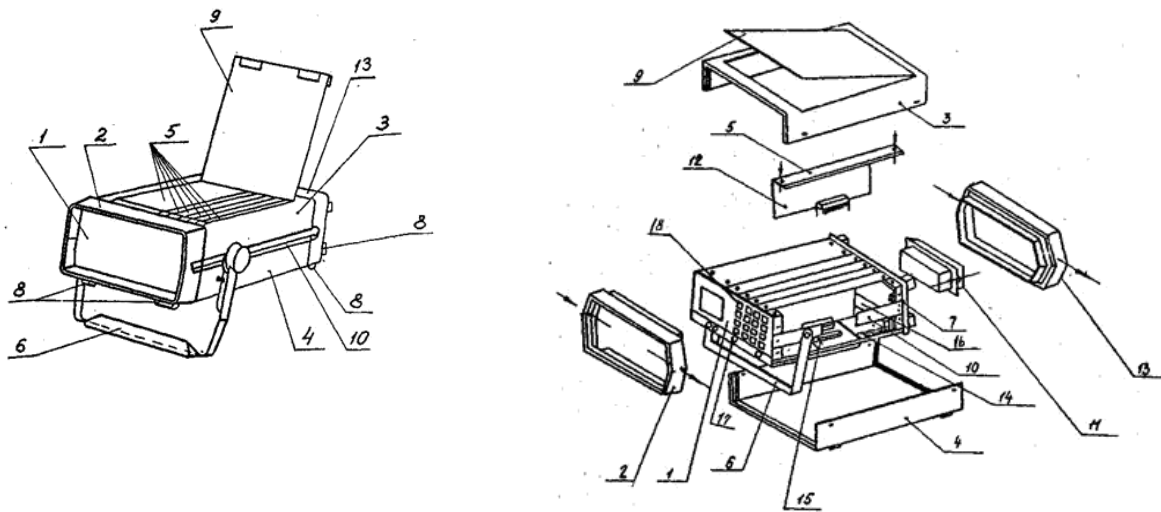
Оскільки матеріали, що містять органічне в'язуче, мають в'язко-пружньопластичні властивості, то для проведення більш точних розрахунків недостатньо відомостей про модулі пружності цих матеріалів при розрахунковому часі дії навантаження.

Тому, при дослідженнях передбачено визначення функції релаксації на основі визначення модуля пружності як за різних температур так і при різному часі дії навантаження. Для визначення миттєвого значення модуля пружності використовували ультразвуковий імпульсний прилад СП УК-10ПМС (рис. 6) [4].

Визначення розрахункового модуля пружності на зразках-балочках за допомогою ультразвукового приладу

Для визначення модуля пружності при будь-якій температурі перед випробуванням зразки витримують протягом 2 годин при заданій температурі, яку підтримують і в процесі випробування. Перед проведенням випробувань

прилад повинен не менше 5 хв. прогріватися. Потім, зразок-балочку боковою гранню укладають на опору приладу і визначають швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль V (м/с) в асфальтобетонному зразку, в залежності від частоти коливань ν (с⁻¹), яка визначає тривалість дії навантаження (с).



1 – передня і задня панелі; 2 та 13 – обрамлення; 3 – верхня кришка; 4 – опори; 5 – функціональний блок; 6 – ручка; 7 – задня панель; 8 – ніжки; 9 – кришка; 10 – бокові стяжки; 11 та 12 – плати; 14 – стяжки; 15 – перетворювач напруги; 16 – стабілізатор напруги; 17 – вхідне і вихідне рознімання; 18 – клавіатура

Рисунок 6 – Ультразвуковий імпульсивний прилад СП УК-10ПМС

Лабораторний модуль пружності при певній частоті коливання E_n , МПа, визначають за наступною залежністю:

$$E_n = \rho \cdot V^2 \cdot \kappa_\phi, \quad (3)$$

де ρ – середня щільність зразка, кг/м³,

V – швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в асфальтобетоні, м/с;

κ_ϕ – коефіцієнт, що є функцією розмірів зразка (табл. 1).

Вид функції κ_ϕ визначається співвідношенням між довжиною хвилі λ і розмірами поперечного розрізу зразка в площині ($b \times h$), перпендикулярній лінії прозвучування.

Величина λ в см встановлюється від співвідношення:

$$\lambda = T \cdot V \cdot 10^2, \quad (4)$$

де T – період хвилі, с;

μ – коефіцієнт Пуассона асфальтобетону, який залежить від температури і встановлюється згідно табл. 2.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнту k_ϕ від розмірів зразка

Співвідношення між λ і розмірами розрізу	k_ϕ
$\lambda \leq \frac{h}{2}; \lambda \leq \frac{b}{2}$ – необмежене середовище	$\frac{(1+\mu) \cdot (1-2\mu)}{1-\mu}$
$\lambda \leq \frac{h}{2}; \lambda \geq \frac{b}{2}$ – плита з товщиною b	$1-\mu^2$
$\lambda \geq \frac{h}{2}; \lambda \geq \frac{b}{2}$ – стержень	1

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad (5)$$

де ν – частота періодичних коливань c^{-1} , яка задається перед випробування.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнту Пуассона в залежності від температури асфальтобетону

Коефіцієнт Пуассона	Температура, °C				
	0	+10	+20	+30	+40
μ	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35

Результати визначення модуля пружності

У роботі, під час проведення випробувань досліджуваних асфальтобетонів за допомогою маятнікового приладу (рис. 1, 2) визначали пружні прогини при часу дії навантаження: $t = (0,1 - 0,001)$ с – динамічний прогин (рис. 7), а при $t = (1 - 1000)$ с – статичний прогин (рис. 8).

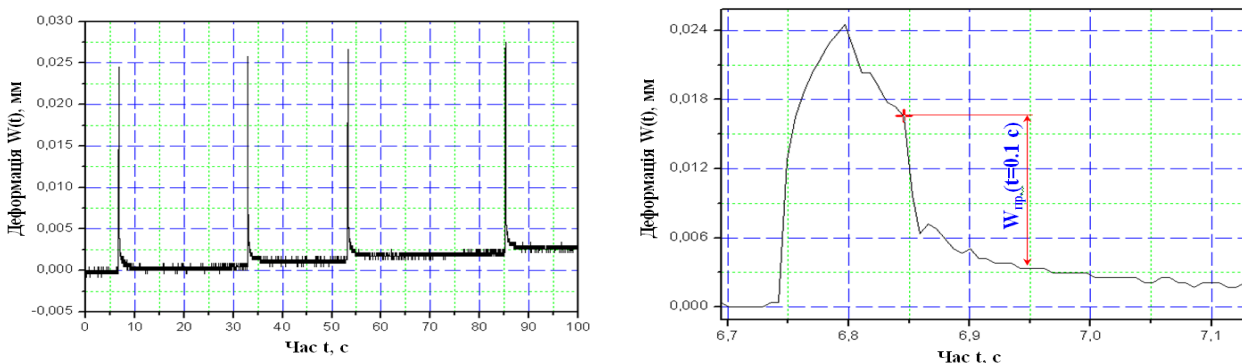


Рисунок 7 – Типові осцилограми записані при дослідженні на динамічну повзучість ЩМА-20 (2% полімеру в БМП) при температурі 0°C

На основі отриманих результатів визначали значення модуля пружності за залежністю 3. За допомогою ультразвукового приладу (рис. 6) значення

модулів пружності досліджуваних асфальтобетонів при часу дії навантаження (10^{-4} та 10^{-6} с), які визначали за залежністю 4.

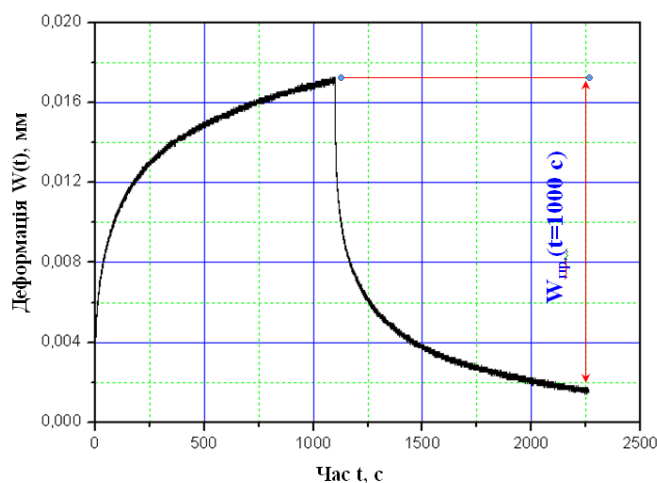


Рисунок 8 – Типова осцилограма записана при дослідженні на статичну повзучість ЦМА-20 (2% полімеру в БМП) при температурі 0°C

Випробування зразків-балочок на маятниковому та ультразвуковому приладах проводились при температурі +20 °С та при 0 °С. При проведенні досліджень випробовувалось не менше семи зразків-балочок. Значення отримували обчислюючи середньоарифметичне значення. Розбіжність між паралельними випробуваннями не перевищувала 9 %.

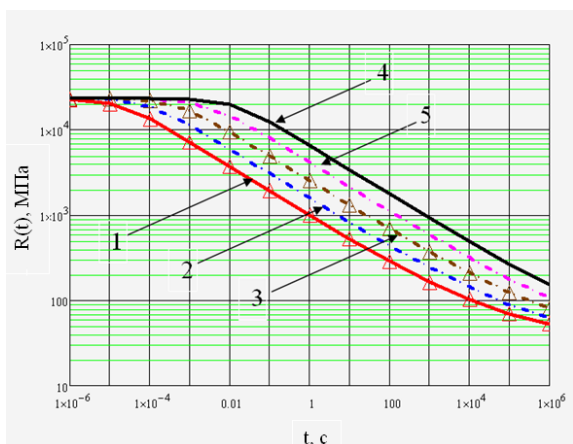
На основі отриманих експериментальних даних по функції повзучості та модулях пружності для досліджуваних асфальтобетонів побудовані розрахункові криві функції релаксації по виразу $R(t)=1/P(t)$. Для прикладу, наводимо криві функції релаксації для ЦМА-10 (рис. 9 – 11).

Зіставлення значень функції релаксації, знайденої перерахунком з випробувань на повзучість, із значеннями, що отримані при безпосередньому випробуванні на релаксацію, свідчить про задовільну збіжність результатів – максимальне відхилення між кривими (рис. 9) не перевищує 14 %, що знаходиться в межах експериментального розкиду.

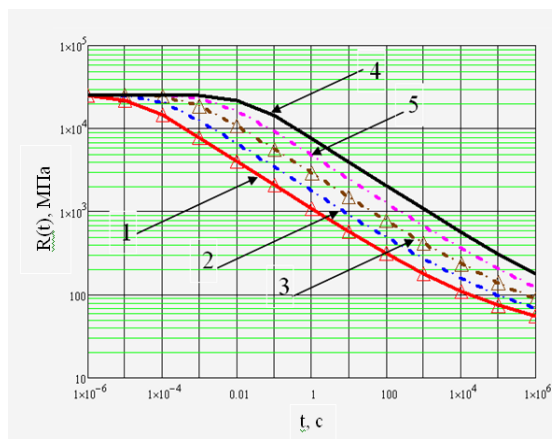
Окрім того, звертає на себе увагу і той факт, що експериментальна крива функції релаксації розташована в межах розрахункової кривої $R(t)$, що безпосередньо узгоджується з теоретичними припущеннями [1, 3-6].

На основі одержаних результатів лабораторних досліджень модуля пружності та пружних прогинів досліджуваних асфальтобетонів при різному часі дії навантаження, та побудованих розрахункових кривих функції релаксації

по виразу $R(t)=1/\Pi(t)$, використовуюючи принцип тепературно-часової аналогії [1, 3-6] (далі – ТЧА) побудовано криві функції релаксації при температурах +10 °С, -10 °С та -20 °С.



а)



б)

а) ЩМА-10 (чистий бітум), б) ЩМА-10 (2 % полімеру в БМП): Δ – експериментальні точки; - точки, отримані методом тепературно-часового зміщення; криві функції релаксації при температурі: 1 – при +20 °С; 2 – при +10 °С; 3 – при 0 °С; 4 – при -20 °С; 5 – при -10 °С

Рисунок 9 – Криві функції релаксації

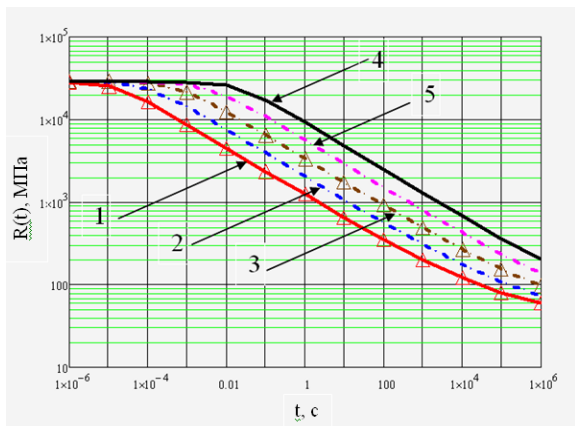


Рисунок 10 – Криві функції релаксації, ЩМА-10 (4 % полімеру в БМП)

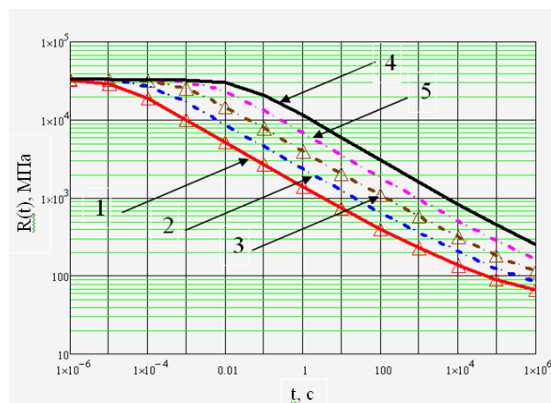


Рисунок 11 – Криві функції релаксації, ЩМА-10 (6 % полімеру в БМП)

Результатом побудови кривих $R(t)$ при температурах +20 °С, +10 °С, 0 °С, -10 °С та -20 °С є одержання параметрів функції релаксації досліджуваних асфальтобетонів (табл. 3).

Для визначення функції релаксації можна використовувати формулу у вигляді модифікованого степеневого закону, яка дає достатньо точні результати обчислень:

$$R(t) = E_{\text{де}} + (E_{\text{мт}} - E_{\text{де}}) \cdot \left(1 + \frac{t}{\eta}\right)^{-\lambda}, \quad (6)$$

де λ і η – постійні, що визначаються в результаті експерименту; $E_{\text{де}}$ і $E_{\text{мт}}$ – відповідно довготривалий і миттєвий модулі пружності асфальтобетонного покриття.

Таблиця 3 – Параметри функції релаксації

Шифр асфальтобетону	Параметри функції α_T		Параметри функції релаксації			
	Q , °C	p , град ⁻¹	$E_{\text{мт}}$, МПа	$E_{\text{де}}$, МПа	η , с	λ
Г-7,5%	20	0,205	31 270	46	$1,43 \times 10^{-5}$	0,304
Г-8,0% - 60/90+2%	20	0,218	31 450	52	$1,43 \times 10^{-5}$	0,29
Г-8,0% - 60/90+4%	20	0,225	31 870	55	$1,43 \times 10^{-5}$	0,284
Г-8,0% - 60/90+6%	20	0,250	32 870	58	$1,43 \times 10^{-5}$	0,283
Г-7,7% - 60/90+3% сум.	20	0,220	31 580	54	$1,43 \times 10^{-5}$	0,285
Г-7,7% - 60/90+6% сум.	20	0,240	32 120	57	$1,43 \times 10^{-5}$	0,284
Б-10-6,0%	20	0,205	30 997	44	$1,43 \times 10^{-5}$	0,307
Б-10-6,2% - 60/90 +2%	20	0,212	31 150	51	$1,43 \times 10^{-5}$	0,295
Б-10-6,2% - 60/90 +4%	20	0,220	31 520	54	$1,43 \times 10^{-5}$	0,286
Б-10-6,2% - 60/90 +6%	20	0,240	32 730	57	$1,43 \times 10^{-5}$	0,284
Б-10-6,1% - 60/90 +3% сум.	20	0,218	31 240	53	$1,43 \times 10^{-5}$	0,288
Б-10-6,1% - 60/90 +6% сум.	20	0,240	32 200	55	$1,43 \times 10^{-5}$	0,290
Б-20-6,0%	20	0,200	30 000	42	$1,38 \times 10^{-5}$	0,310
Б-20-6,3% - 60/90 +2%	20	0,210	30 580	50	$1,33 \times 10^{-5}$	0,300
Б-20-6,3% - 60/90 +4%	20	0,216	31 150	52	$1,23 \times 10^{-5}$	0,290
Б-20-6,3% - 60/90 +6%	20	0,235	31 730	56	$1,33 \times 10^{-5}$	0,287
Б-20-6,2% - 60/90 +3% сум.	20	0,215	31 020	51	$1,28 \times 10^{-5}$	0,295
Б-20-6,2% - 60/90 +6% сум.	20	0,230	31 200	54	$1,23 \times 10^{-5}$	0,285
ЩМА-10-6,5%	20	0,166	23 400	35	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-10-6,8% - 60/90 +2%	20	0,171	25 697	36	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-10-6,8% - 60/90 +4%	20	0,177	28 964	37	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-10-6,8% - 60/90 +6%	20	0,184	32 965	42	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-10-6,7% - 60/90 +3% сум.	20	0,174	26 790	36	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-10-6,7% - 60/90 +6% сум.	20	0,181	30 185	40	$1,68 \times 10^{-5}$	0,290
ЩМА-20-6,0%	20	0,160	22 800	32	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
ЩМА-20-6,2% - 60/90 +2%	20	0,165	24 790	33	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
ЩМА-20-6,2% - 60/90 +4%	20	0,169	27 970	34	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310

Кінець табл.3

1	2	3	4	5	6	7
ЩМА-20-6,2% - 60/90 +6%	20	0,175	31 965	39	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
ЩМА-20-6,1% - 60/90 +3% сум.	20	0,167	25 940	33	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310
ЩМА-20-6,1% - 60/90 +6% сум.	20	0,172	29 530	37	$1,54 \times 10^{-5}$	0,310

З таблиці 3 видно, що для всіх досліджуваних асфальтобетонів при введенні та збільшенні кількості полімеру спостерігається зміна параметру p (град-1) функції αT .

Враховуючи цей факт, для прикладу, будемо графіки залежності функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ для асфальтобетону типу Г (рис. 12-а), ЩМА-10 (рис. 12-б) та ЩМА-20 (рис. 13) в залежності від кількості полімеру в БМП та температури. Температура приведення становить $Q = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

З отриманих значень $R(t)$ при різних температурах видно, що чим менший параметр p , тим в меншій степені змінюються в'язко-пружні властивості матеріалу зі зміною температури. В такому випадку його температурна чутливість є меншою, повільніше збільшується жорсткість із зменшенням температури, і як наслідок, інтенсивність збільшення температурних напружень буде меншою. Все це є збіжним із отриманими результатами в роботах [1, 3-5].

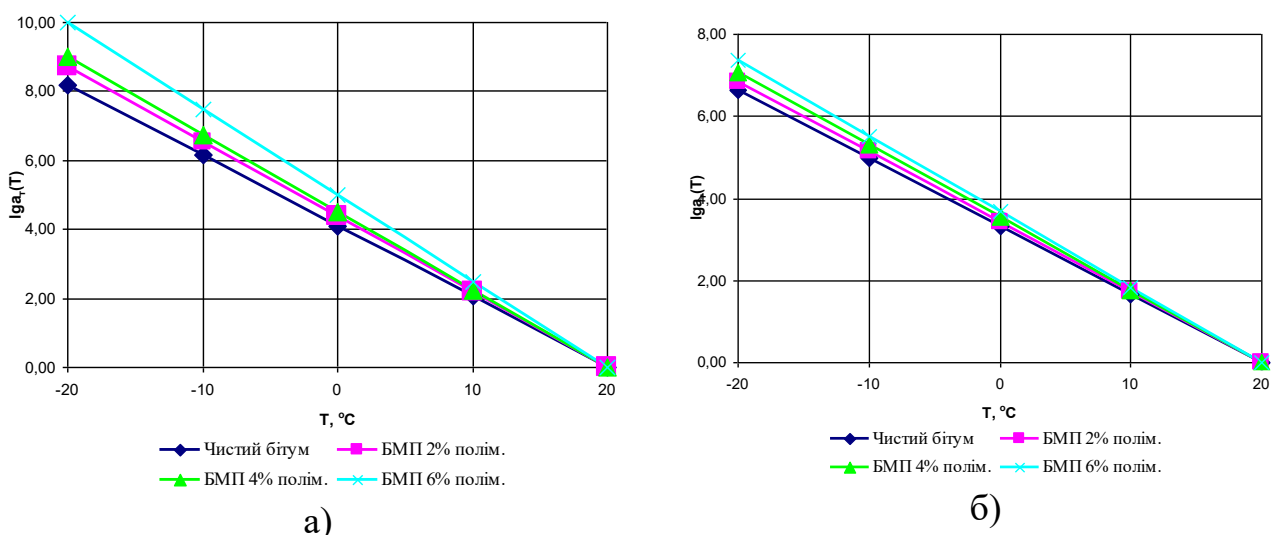


Рисунок 12 – Залежність функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ асфальтобетону типу Г (а) та ЩМА-10 (б) в залежності від кількості полімеру в БМП та температури

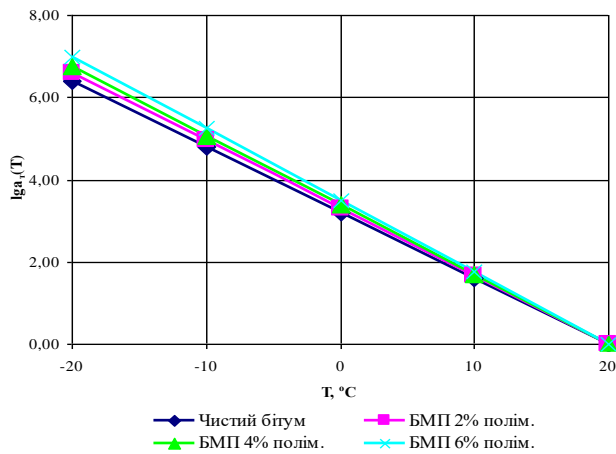


Рисунок 13 – Залежність функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ ЦМА-20 в залежності від кількості полімеру в БМП та температури

Отримані результати досліджень також дозволяють оцінити зміну кривої функції релаксації $R(t)$ досліджуваних асфальтобетонів в залежності від кількості полімеру. Для прикладу, на рис. 14 та рис. 15 показана зміна функції релаксації $R(t)$ для асфальтобетону типу Б-20 при температурі $+20\text{ }^\circ\text{C}$ в залежності від кількості полімеру в БМП (рис. 14) та від кількості полімеру введеної в суміш під час її приготування (рис. 15).

Таким чином, аналізуючи наведене вище, співставимо отримані в роботі результати залежності функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ асфальтобетону від температури. Так як відповідно до таблиці 3 параметри функції релаксації асфальтобетону типу Г є вищими, в порівнянні з іншими досліджуваними асфальтобетонами, співставимо залежність його функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ від температури з результатами досліджень, які було отримано іншими дослідниками (рис. 16).

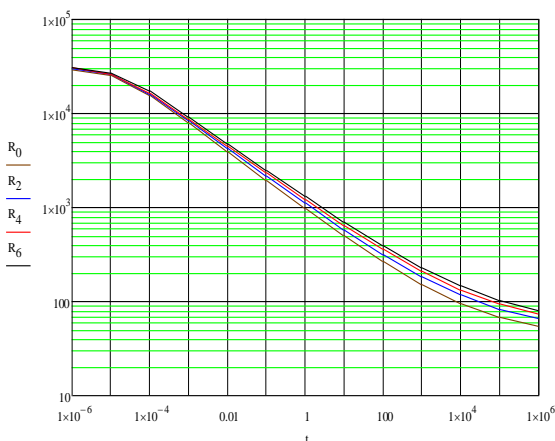


Рисунок 14 – Зміна кривої функції релаксації $R(t)$ асфальтобетону типу Б-20 при температурі $+20\text{ }^\circ\text{C}$ в залежності від кількості полімеру в БМП

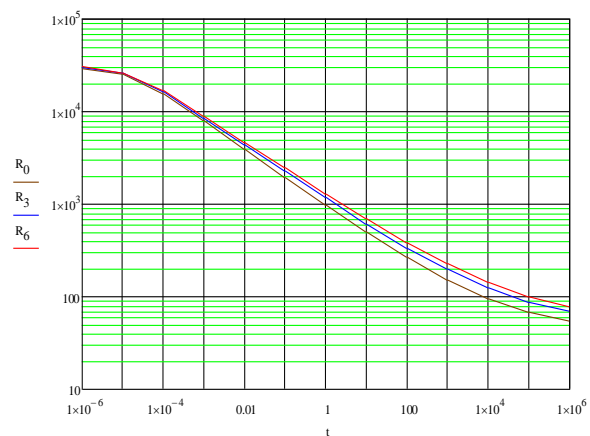


Рисунок 15 – Зміна кривої функції релаксації $R(t)$ асфальтобетону типу Б-20 при температурі $+20\text{ }^\circ\text{C}$ в залежності від кількості полімеру введеної в асфальтобетонну суміш при її виготовленні

Із наведеної залежності та співставлення видно, що отримані в роботі результати є збіжними із результатами таких дослідників як Г. Добсон, В.А. Золотарьов, М. Маям, В.В. Мозговий та Т. Сугаварі, а також із роботою [4].

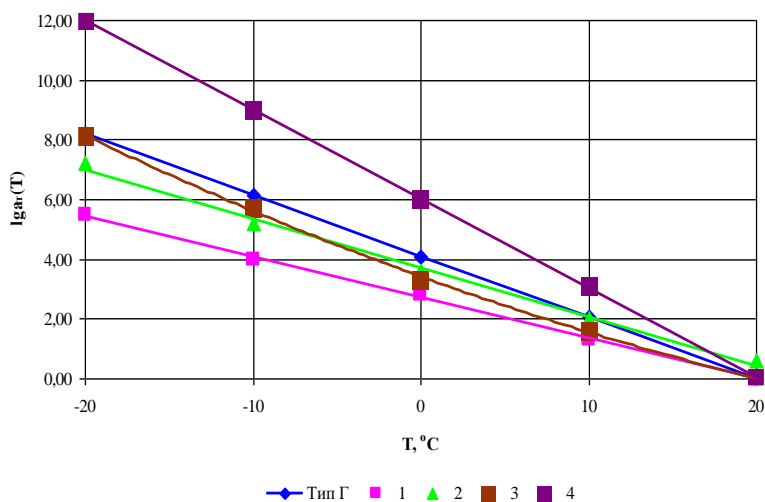


Рисунок 16 – Залежність функції температурно-часового зміщення $a_T(T)$ асфальтобетону типу Г при температурі +20 °С за різними даними: 1 – за даними В.А. Золотарьова [6]; 2 – за даними Г. Добсона [7]; 3 – за даними М. Маяма та Т. Сугаварі [8]; 4 – за даними В.В. Мозгового [5]

Висновок

Отримані залежності дозволяють проектувати асфальтобетонне покриття з підвищеною довговічністю при врахуванні різного часу дії навантаження. Отримані значення функції релаксації асфальтобетону від різного часу дії навантаження показали, що чим менший параметр вертикального тиску на покриття, тим в меншій степені змінюються в'язко-пружні властивості матеріалу зі зміною температури. В такому випадку його температурна чутливість є меншою, повільніше збільшується жорсткість із зменшенням температури, і як наслідок, інтенсивність збільшення температурних напружень буде меншою. Було встановлено, що значення короточасного модуля пружності ЦМА-10 при використанні чистого бітуму і модифікованого 4 % полімеру складає відповідно 23 000 і 28 964 (при температурі + 20 °С), отже використання бітумів модифікованих полімером призводить до збільшення короточасного модуля пружності (в даному випадку на 20 %), внаслідок чого збільшуються розрахункові значення функції релаксації. В роботі уточнено розрахункові значення модуля пружності, встановлено параметри функції релаксації та температурно-часового зміщення асфальтобетону.

Література

1. Дорожній одяг нежорсткого типу : ВБН В.2.3–218–186–2004 / Укравтодор. – [Чинний від 2005–01–01]. – К.: Укравтодор, 2005. – 176 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
2. Мозговий В.В. Уточнена методика визначення модулів пружності дорожньо-будівельних матеріалів / Мозговий В.В., Піскунов В.Г., Онищенко А.М., Прудкий О.В. та ін. // Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка – 2009. – Вип.33. – С.137-142.
3. Методи визначення розрахункових модулів пружності : СОУ 45.2–00018112–059:2010 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2011. – 20 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
4. Онищенко А.М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів : дис... канд. техн. наук : 05.22.11 / Онищенко Артур Миколайович. – К., 2008. – 157 с.
5. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий : дис... докт. техн. наук : 05.22.11 / Мозговой Владимир Васильевич. – К., 1996 – 406 с.
6. Золотарев В.А. Закономерности деформирования и разрушения битумов и асфальтобетонов как основа улучшения и регулирования их свойств : дис... докт. техн. наук. : 05.23.05 / Золотарев Виктор Александрович. – Х., 1982. – 575 с.
7. Dobson G. R. The viskoelastic properties of asphaltic mixes / Dobson G. R. // Inst. Petrol. (Techn. Pap.). – 1976. – N 4. – 25 p.
8. Mayama M. Mechanical Properties of Various Paving Mixtures. Part 1. Stress Relaxation of Mixtures / Mayama M., Sugawara T. // J.Japan Petrol. Inst. – 1978. – 21, № 5. – P. 330–351.

Рецензенти

Золотарьов В.О., д-р техн. наук, ХНАДУ (Харків)

Нагайчук В.М., канд. техн. наук, ДП “ДерждорНДІ” (Київ)

Reviewers

Zolotarev V.O., Dr.Tech.Sci., KhNAHU (Kharkiv)

Nahaichuk V.M., Ph.D., DerzhdorNDI (Kyiv)