



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN 12697-26:201_
(EN 12697-26:2012, IDT)

**Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих
асфальтобетонних сумішей.**

Частина 26. Жорсткість
(Проект, перша редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
201X

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНД»), ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди».

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від «___» _____ р. № _____ з 201X-XX-XX

3 Національний стандарт відповідає EN 12697-26:2012 «Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 26. Stiffness (Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 26. Жорсткість). Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CEN

Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України

5 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей національний стандарт належить державі.

**Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати
здля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи.**

ДП «УкрНДНЦ», 201X

Зміст	С.
Національний вступ.....	VI
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	2
3 Терміни, визначення та символи.....	3
3.1 Терміни та визначення.....	3
3.2 Символи.....	5
4 Принцип	6
5 Приготування зразків.....	6
5.1 Вік зразків.....	6
5.2 Висушування зразка.....	6
5.3 Розміри та щільність зразків.....	7
5.4 Температура зразка перед випробуванням.....	7
5.5 Кількість випробувальних зразків.....	7
6 Перевірка випробувального обладнання.....	7
7 Методи випробувань.....	8
7.1 Загальні положення.....	8
7.2 Випробування з синусоїдальним та імпульсним навантаженням.....	8
7.3 Навантаження в режимі заданої деформації	9
8 Температура.....	11
9 Вираження результатів.....	12
10 Протокол випробувань	14
10.1 Загальні положення.....	14
10.2 Інформація про зразки.....	14
10.3 Інформація про метод випробування.....	14
10.4 Інформація про випробування та результати.....	14
10.5 Додаткова інформація.....	15
11 Точність	15

Додаток А (нормативний) Випробування на змінний 2-х точковий вигин зразків трапецієподібної (2PB-TR) або призматичної (2PB-PR) форми.....	16
А.1 Принцип.....	16
А.2 Обладнання.....	16
А.3 Приготування зразків.....	18
А.4 Порядок виконання.....	20
Додаток В (нормативний) Випробування на змінний 3-х точковий вигин зразків призматичної (3PB-PR) форми і випробування на змінний 4-х точковий вигин зразків призматичної (4PB-PR) форми.....	21
В.1 Принцип.....	21
В.2 Обладнання.....	23
В.3 Приготування зразків.....	25
В.4 Порядок виконання.....	26
Додаток С (нормативний) Випробування на непряме розтягнення зразка циліндричної (IT-CY) форми.....	28
С.1 Принцип.....	28
С.2 Обладнання.....	28
С.3 Приготування зразків.....	35
С.4 Режим роботи.....	36
Додаток D (нормативний) Випробування на пряме розтягування-стиснення зразка циліндричної (DTC-CY) форми	40
D.1 Принцип.....	40
D.2 Обладнання.....	40
D.3 Приготування зразків.....	40
D.4 Режим роботи	42

Додаток Е (нормативний) Випробування на пряме розтягування зразка циліндричної (DT-CY) або призматичної (DT-PR) форми.....	44
Е.1 Принцип.....	44
Е.2 Обладнання.....	44
Е.3 Приготування зразків.....	45
Е.4 Режим роботи.....	46
Е.5 Побудова узагальнюючої кривої.....	48
Е.6 Визначення модуля жорсткості для фіксованого часу навантаження.....	49
Додаток F (нормативний) Випробування на циклічне непряме розтягування зразка циліндричної (CIT-CY) форми	51
F.1 Принцип.....	51
F.2 Обладнання.....	51
F.3 Приготування зразків.....	55
F.4 Режим роботи	56
Додаток G (інформаційний) Виведення узагальнюючої кривої	59
G.1 Принцип.....	59
G.2 Теоретичні основи.....	60
G.3 Експериментальні дані.....	62
G.4 Протокол випробувань	63

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 12697-26:201X (EN 12697-26:2012, IDT) «Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 26. Жорсткість», прийнятий методом перекладу, - ідентичний щодо EN 12697-26:2012 (версія en) «Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Stiffness».

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт в Україні, - ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди».

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- у розділі 2 та «Бібліографії» наведено «Національне пояснення», виділене рамкою;
- зі «Вступу» до EN 12697-26:2012 у цей «Національний вступ» внесено все, що безпосередньо стосується цього стандарту;
- вилучено «Передмову» до EN 12697-26:2012 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтобетонних сумішей.

Частина 26. Жорсткість

Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt.

Stiffness

Чинний від 201X-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт встановлює методи випробування для визначення сприйняття бітумомінеральних матеріалів до деформації під навантаженням. Випробування застосовуються до сумішей із зернистістю менше або дорівнює 32 мм.

Цей стандарт встановлює методи визначення жорсткості бітумомінеральних сумішей за допомогою альтернативних випробувань, включаючи випробування на згин та випробування на пряме і непряме розтягнення. Випробування проводяться на ущільненому бітумомінеральному матеріалі, при синусоїдальному або іншому заданому режимі навантаження зразків, з використанням різних типів зразків і обладнання.

Даний метод застосовується для класифікації бітумомінеральних сумішей по жорсткості, а також як допоміжний засіб при порівняльній оцінці їх працездатності в дорожньому покритті, зборі даних для оцінки структурної поведінки бітумомінеральних сумішей на дорозі, а також для оцінки результатів випробувань на відповідність специфікаціям бітумомінеральних сумішей.

Цей стандарт не вказує на конкретний тип випробувального обладнання, конкретні умови випробування залежать від можливостей і робочого діапазону використовуваного приладу.

При виборі умов випробувань слід враховувати вимоги, встановлені в стандартах на бітумомінеральні суміші.

Застосування цього стандарту описано в стандартах на бітумомінеральні суміші.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Нижченаведені нормативні документи необхідні для застосування цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують тільки наведені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням нормативних документів (разом зі змінами).

EN 12697-6 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 6: Determination of bulk density of bituminous specimens

EN 12697-27 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 27: Sampling

EN 12697-29 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 29: Determination of the dimensions of a bituminous specimen

EN 12967-31 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor

EN 12697-33 Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 33: Specimen preparation by roller compactor

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 12697-6 Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтових сумішей. Частина 6. Визначення об'ємної щільності асфальтобетонних зразків

EN 12697-27 Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтових сумішей. Частина 27. Відбір проб

EN 12697-29 Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтових сумішей. Частина 29. Визначення розмірів асфальтобетонних зразків

EN 12697-31 Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтових сумішей. Частина 31. Приготування зразків гіраторним ущільнювачем

EN 12697-33 Бітумомінеральні суміші. Методи випробувань гарячих асфальтових сумішей. Частина 33. Приготування зразка катком

3 ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

3.1 Терміни та визначення

В цьому стандарті застосовують такі терміни та визначення.

3.1.1 жорсткість (*stiffness*)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

3.1.2 комплексний модуль (*complex modulus*)

Залежність між напругою і деформацією для лінійних в'язкопружних матеріалів, що піддаються синусоїдальній хвилі навантаження, що змінюється в часі t , де напруга $\sigma \times \sin(\omega \times t)$ викликає деформацію $\varepsilon \times \sin(\omega \times (t-\Phi))$, з кутом зсуву фаз Φ , пропорційним напрузі.

ПРИМІТКА 1 Амплітуда деформації і кут зсуву фаз являються функціями кругової частоти ω , і температури, при якій проводиться випробування, Θ .

ПРИМІТКА 2 Відношення напруги до деформації називається комплексним модулем E^* і розраховується за формулою:

$$E^* = |E^*| \times (\cos(\Phi) + i \times \sin(\Phi)) \quad (1)$$

Комплексний модуль складається з двох частин. Ці частини виражаються способами: як дійсна частина E_1 і уявна частина E_2 :

$$E_1 = |E^*| \times \cos(\Phi) \quad (2)$$

$$E_2 = |E^*| \times \sin(\Phi) \quad (3)$$

або як абсолютну величину комплексного модуля $|E^*|$ і кут зсуву фаз, Φ :

$$|E^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad (4)$$

$$\Phi = \arctan\left(\frac{E_2}{E_1}\right) \quad (5)$$

ПРИМІТКА 3 На практиці більш поширений другий спосіб позначення даного модуля. Наприклад, при розрахунках багатошарової лінійно в'язкопружної моделі, величина комплексного модуля E^* використовується як початкове значення для розрахунку модуля Юнга.

ПРИМІТКА 4 Для абсолютно пружних матеріалів, кут зсуву фаз дорівнює нулю, а комплексний модуль зводиться до модуля Юнга. Даний процес відбувається, коли матеріали з бітуму піддаються впливу критично низької температури. У цьому випадку величина комплексного модуля досягає свого максимального значення, яке позначається E_∞ .

3.1.3 модуль зсуву (*secant modulus*)

Залежність між напругою і деформацією, що змінюється в часі t , навантаження для матеріалів, які випробовуються в заданому режимі збільшення деформації:

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon(t)} \quad (6)$$

з напругою, $\sigma(t)$ і деформацією, $\varepsilon(t)$, у часі t

ПРИМІТКА 1 Функція деформації виражається:

$$\varepsilon(t) = \alpha_i \times t^n \quad (7)$$

де α_i і n є константою.

ПРИМІТКА 2 На одному зразку можна провести кілька випробувань для іншого значення α_i . Для лінійних в'язкопружних матеріалів модуль зсуву, розрахований для різних значень α_i при однаковій температурі, і залежить тільки від часу навантаження t .

3.2 Символи

У цьому стандарті застосовуються такі символи:

- E жорсткість (модуль), у мегапаскалях (МПа);
- E^* комплексний модуль, у мегапаскалях (МПа);
- E_1 дійсна частина комплексного модуля, у мегапаскалях (МПа);
- E_2 уявна частина комплексного модуля, у мегапаскалях (МПа);
- E_∞ граничне значення комплексного модуля, у мегапаскалях (МПа);
- F сила навантаження, в ньютонах (Н);
- h середня товщина зразка, в міліметрах (мм);
- H висота зразка циліндричної форми, в міліметрах (мм);
- k коефіцієнт області навантаження;
- l_0 початкова довжина вимірювальної області, в міліметрах (мм);
- Δl подовження області вимірювання, в мікрометрах (мкм);
- L відстань між зовнішніми опорами при випробуванні на вигин, в міліметрах (мм);
- t час навантаження, в секундах (с);
- Θ температура випробування, в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$);
- z переміщення, в міліметрах (мм);
- f частота випробувань, в герцах (Гц);
- σ застосована напруга, в мегапаскалях (МПа);
- ε застосовувана деформація у мікрометрі на метр або в мікродеформації (мкм / м);
- ω кругова частота випробування, в герцах (Гц);
- Φ кут зсуву фаз, в градусах ($^{\circ}$);
- γ коефіцієнт форми (функція розмірів і форми зразка);

μ коефіцієнт маси (функція маси зразка і маси рухомих частин, які впливають на силу за допомогою інерції);

ν коефіцієнт Пуассона;

$\varnothing$ діаметр зразка циліндричної форми, в міліметрах (мм).

4 ПРИНЦИП

Зразок відповідного розміру деформується в лінійному діапазоні при періодичному навантаженні або в заданому режимі деформації. Амплітуда напруги і деформацій вимірюється одночасно зі зсувом фаз між напругою і деформацією.

5 ПРИГОТУВАННЯ ЗРАЗКІВ

5.1 Вік зразків

Перед початком випробовування зразки зберігаються на рівній поверхні при температурі не вище 25° С протягом 14 днів та 42 днів з моменту їх виготовлення. У випадку зразків, які потребують різання та / або склеювання, різання повинно виконуватися не більше 8 днів після ущільнення асфальтобетону, а склеювання проводиться щонайменше через 2 тижні після різання. Час виготовлення для цих зразків - це час, коли вони вирізані.

5.2 Висушування зразка

Після розпилювання і перед наклеюванням та/або випробовуванням зразки висушують до постійної маси в повітрі, при відносній вологості повітря нижче 80% та при температурі не вище 20° С. Випробуваний зразок вважається сухим після 8 год сушіння і коли два зважування, виконані через 4 години, розрізняються менш ніж на 0,1%.

5.3 Розміри та щільність зразків

Розміри зразків вимірюються відповідно до EN 12697-29.

Щільність зразків визначається відповідно до EN 12697-6 або EN 12697-7. Щільність кожного зразка не повинна відрізнятися більше ніж на 1% від середньої видимої щільності. В іншому випадку зразок буде відхилено.

5.4 Температура зразка перед випробуванням

Випробування не повинно починатися, поки зразок не досягне потрібної температури випробувань.

ПРИМІТКА Температуру зразка можна контролювати, використовуючи контрольний зразок, або час, необхідний для випробування. Час, необхідний для випробування, залежить від випробувального обладнання, розміру зразка та випробуваного матеріалу.

5.5 Кількість випробувальних зразків

Для всіх зазначених випробувань мінімальна кількість зразків, які потрібно випробувати для отримання одного результату (= один модуль жорсткості), становить 4 зразка.

6 ПЕРЕВІРКА ВИПРОБУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Повне обладнання для випробувань періодично перевіряється, принаймні, одним еталонним зразком з відомим модулем жорсткості (модуль та відстань фаз). Для перевірки обладнання для випробувань додатків А, В, С або D момент вигину (EI) зразка (ів) повинен бути обраний таким, щоб він дорівнював моменту згину звичайного асфальтового зразка (прийняття модуля жорсткості для асфальт в діапазоні від 3 ГПа до 14 ГПа); для Додатку Е та Додатку F слід використовувати відповідний контрольний зразок з відомою жорсткістю від 3 ГПа до 14 ГПа. Референтний зразок перевіряється на рівні не менше 6 частот та 2 рівнів

відхилення. Попередньо обчислений модуль жорсткості повинен бути в межах 2% по відношенню до відомих модулів і в межах $1,0^\circ$ для відомих фазових лагів. Якщо через електронні компоненти або механічне обладнання відбуваються систематичні відхилення (або більші відхилення):

- спостерігається модуль жорсткості, перевіряються всі електронні компоненти та механічне обладнання;
- для належної роботи методи програмного забезпечення зворотного обчислення не дозволяються.

7 МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ

7.1 Загальні положення

Дані методи випробування можуть застосовуватися для зразків необхідної форми і коефіцієнта маси (див. Розділ 8). Методи випробувань повинні відповідати Додаткам А, В, С, D і Е. Якщо для визначення жорсткості бітумомінеральної суміші використовуються інші методи, то перед початком випробування необхідно встановити їх технічну еквівалентність шляхом порівняння з одним з даних методів; висновок про еквівалентність методів необхідно прикласти до протоколу випробування.

ПРИМІТКА У ході міжлабораторних випробувань встановлено, що описані нижче випробування на вигин рівнозначні за умови належного калібрування обладнання і суворого дотримання основних вказівок.

7.2 Випробування з синусоїдальним та імпульсним навантаженням

7.2.1 Випробування на згин

Розрізняють такі види випробувань на згин:

- 2PB-TR: випробування на змінний 2-х точковий згин зразків трапецієподібної форми, див. Додаток А;

- 2PB-PR: випробування на змінний 2-х точковий згин зразків призматичної форми, див. Додаток А;
- 3PB-PR: випробування на змінний 3-х точковий згин зразків призматичної форми, див. Додаток В;
- 4PB-PR: Випробування на змінний 4-х точковий вигин зразків призматичної форми, див. Додаток В.

7.2.2 Випробування на непряме розтягування

Вид випробування на непряме розтягнення:

- IT-CY випробування на непряме розтягнення зразків циліндричної форми, див. Додаток С;
- CIT-CY: випробування, що застосовує циклічне непряме напруження до циліндричних зразків, див. Додаток F.

7.2.3 Випробування при одноосьовому навантаженні

Розрізняють такі види випробувань при одноосьовому навантаженні:

- DTC-CY Випробування на пряме розтягування-стиснення зразків циліндричної форми, див. Додаток D;
- DT-CY Випробування на пряме стиснення зразків циліндричної форми, див. Додаток E;
- DT-PR Випробування на пряме стиснення зразків призматичної форми, див. Додаток E.

7.3 Навантаження в режимі заданої деформації

7.3.1 Методи випробування

Можна використовувати метод одноосного прямого розтягування зразків циліндричної або призматичної форми (DT-CY та DT-PR, див. Додаток E).

ПРИМІТКА Даний метод дозволяє отримати порівнянні результати випробувань при синусоїдальному навантаженні менше 1 сек., якщо модуль в часі навантаження, t , виражений в секундах, порівнюємо з комплексним модулем при частоті:

$$f = \frac{1}{2\pi \times t} \quad (8)$$

Вимірюється в Герцах (Гц).

7.3.2 Умови навантаження

Переміщення з заданим коефіцієнтом збільшення застосовується до зразка шляхом прямого розтягування для отримання постійного приросту деформацій $n = 1$, так, щоб функція деформації визначалася за формулою:

$$\varepsilon(t) = \alpha_i \times t \quad (9)$$

7.3.3 Амплітуда деформації

7.3.3.1 Попереднє випробування

Для випробування на пряме розтягування, для визначення жорсткості суміші необхідно проводити щонайменше одне випробування відповідно до Додатку Е. При умовах: температура 10°C , амплітуда деформації 50 мікронапруг, навантажувальна сила $F > 200 \text{ Н}$ та тривалість завантаження 3 с та 300 с.

7.3.3.2 Амплітуда деформації під час випробування

Максимальна деформація в процесі випробування не повинна перевищувати значень, вказаних в таблиці 1.

Таблиця 1 - Деформація, що виражається в мікронапругах, що застосовується в процесі випробування в режимі заданої деформації відповідно до жорсткості, визначеної попереднім випробуванням до 50 мікронапруг

Температура випробування θ , в $^\circ\text{C}$	Жорсткість, 10°C , 3 с		Жорсткість, 10°C , 300 с	
	$< 7,5 \text{ ГПа}$	$\geq 7,5 \text{ ГПа}$	$< 1 \text{ ГПа}$	$\geq 1 \text{ ГПа}$
≤ 10	100	50	-	-
$10 \leq \theta < 20$	-	-	200	100
$20 \leq \theta \leq 40$	-	-	300	200

7.3.3.3 Час навантаження при випробуванні

Серії випробувань проводяться на одному зразку з різним часом навантаження і однаковою граничною деформацією, зазначеною в таблиці 1. Для однієї температури випробування застосовується не менше чотирьох значень часу навантаження, а для інших температур випробування - не менше двох значень часу навантаження.

8 ТЕМПЕРАТУРА

Температура кліматичної камери навколо зразка повинна бути рівною заданій температурі до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, на відміну від випробування на непряме розтягнення, для якого точні температурні умови визначені в Додатку Е. Для кожної температури випробування зразок поміщають в теплову камеру не менше, ніж за 4 год. до випробування.

ПРИМІТКА 1 Вимоги до температури випробувань можуть встановлюватися стандартами на матеріали з бітумомінеральних сумішей.

ПРИМІТКА 2 Для випробування потрібно більш низький, ніж при випробуванні на пряме розтягування, допуск, тому що на підставі отриманих даних визначається узагальнююча крива.

ПРИМІТКА 3 Побудова реальної моделі вимагає, щоб температура включала весь діапазон екстремальних кліматичних умов. Вони повинні бути максимально наближені до природних, щоб точно побудувати узагальнюючу криву шляхом зміщення ізотермію. Однак технічні характеристики в специфікаціях на матеріал, як правило, встановлюють одну температуру і одну частоту.

ПРИМІТКА 4 Рекомендується, щоб різниця між двома ізотермами не перевищувала 10°C . До типових можна віднести наступні температури: -30°C , -20°C , -10°C , 0°C , $+10^{\circ}\text{C}$, $+15^{\circ}\text{C}$, $+20^{\circ}\text{C}$, $+30^{\circ}\text{C}$, $+40^{\circ}\text{C}$. Випробування при температурі вище 40°C повинні проводитися з

особливою обережністю через імовірність виникнення нелінійності і повзучості зразка (особливо при випробуваннях на згин).

9 ВИРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

9.1 Вимірювання виконують у момент прикладання сили, F , в Ньютонах (Н), переміщення, z , в міліметрах (мм) та кута зсуву фаз, Φ , в градусах ($^{\circ}$). Місця, в яких виконується вимірювання, залежать від випробувального обладнання (див. Таблицю 2).

9.2 При необхідності дві частини комплексного модуля розраховують в мегапаскалях (МПа) за формулою (10) для дійсної частини E_1 і за формулою (11) для уявної частини E_2 .

$$E_1 = \gamma \times \left(\frac{F}{z} \times \cos(\Phi) + 10^{-6} \times \mu \times \omega^2 \right) \quad (10)$$

$$E_2 = \gamma \times \frac{F}{z} \times \sin(\Phi) \quad (11)$$

Механічні властивості матеріалу визначають на підставі вимірів із застосуванням відповідних коефіцієнтів, наведених у таблиці 2, де:

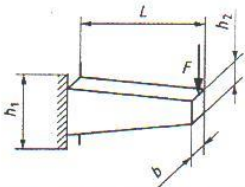
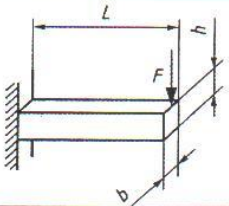
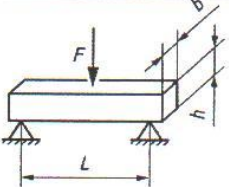
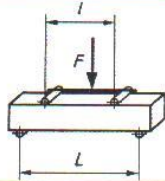
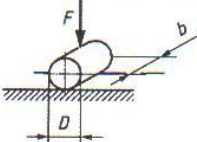
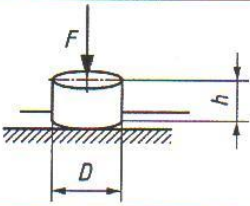
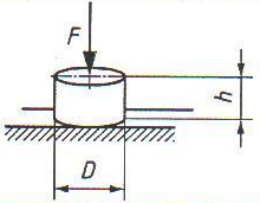
γ коефіцієнт форми, що є функцією розміру і форми;

μ коефіцієнт маси, що є функцією маси зразка, M , в грамах (г), і маси рухомих частин, m , що впливають на кінцеве навантаження за допомогою інерції.

9.3 Модуль жорсткості (абсолютне значення комплексного модуля $|E^*|$ і кут зсуву фаз Φ , як еквівалент комплексного модуля, визначаються за формулами (4) і (5).

ПРИМІТКА Вимірювання переміщення виконують в точці прикладання сили, крім випробування на непряме розтягнення. У дослідженні на непряме розтягнення переміщення вимірюють по діаметру, перпендикулярному діаметру прикладання сили.

Таблиця 2 - Коефіцієнти форми і маси для різних зразків і умов навантаження

Тип випробування		Коефіцієнт форми, γL^{-1}	Коефіцієнт маси, μ
2PB-TR		$\frac{12L^3}{b(h_1 - h_2)^3} \left[\left(2 - \frac{h_2}{2h_1} \right) \frac{h_2}{h_1} - \frac{3}{2} - \ln \frac{h_2}{h_1} \right]$	$0,135 M + m^a$
2PB-PR		$\frac{4L^3}{bh^3}$	$\frac{M}{4} + m$
3PB-PR		$\frac{24L^3}{\pi^4 bn^3} \approx \frac{L^3}{4bn^3}$	$\frac{M + m}{2}$
4PB-PR		$\frac{L^2 A}{bh^3} \left(\frac{3}{4} - \frac{A^2}{L^2} \right)^b$	$R(X) \left(\frac{M}{4} + \frac{m}{R(A)} \right)^b$
IT-CY		$\frac{1}{b} \times (v + 0,27)$	—
DTC-CY		$\frac{4h}{\pi D^2}$	$\frac{M}{2} + m$
DT-CY DT-PR		1	0

^a Для типових розмірів зразків

^b $R(X) = \frac{12L}{A} \times \left[\frac{1}{3X/L - 3X^2/L^2 - A^2/L^2} \right], A = \frac{L-l}{2}, X = \text{Координата, для якої змінюється прогин}$

ПРИМІТКА Усі розміри в міліметрах (мм); всі маси в грамах (г).

10. ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ

Протокол випробувань повинен містити наступну інформацію:

10.1 Загальні положення

- a) назву та адресу лабораторії, що виконує випробування;
- b) унікальний серійний номер протоколу випробування;
- c) найменування замовника;
- d) номер і дату цього стандарту;
- e) підпис особи, відповідальної за протокол випробування;
- f) дата видачі та вік зразків на момент випробування (у днях).

10.2 Інформація про зразки

- a) тип і походження бітумомінеральної суміші;
- b) метод приготування бітумомінеральної суміші;
- c) метод ущільнення.

10.3 Інформація про метод випробування

- a) метод випробування з посиланням на відповідний додаток до цього стандарту;
- b) випробувальне обладнання.

10.4 Інформація про метод випробування та результати

- a) ідентифікація зразка;
- b) об'ємна щільність зразка до випробування і метод застосований для її визначення;
- c) температура випробування;
- d) частота (або час навантаження);
- e) напруга або деформація;
- f) модуль жорсткості.

10.5 Додаткова інформація

- а) комплексний модуль і кут зсуву фаз або E_1 і E_2 (дійсна і уявна частини комплексного модуля);
- б) задані графіки та діаграми.

11 Точність

Відтворюваність і повторюваність випробування на змінний 2-х точковий вигин рівностороннього зразка (див. Додаток А) визначені у відповідність до вимог стандарту ISO 5725-2 в 10 лабораторіях на різному устаткуванні. Експеримент проводився в 2000 році на зразках асфальтобетону АС10 при температурі 15° С і 10 Гц.

Результати, отримані для E^* : (9 лабораторій, 1 виключена шляхом статистичних розрахунків):

- середнє значення 15° С, 10 Гц:	$E^* = 15233$ МПа;
- повторюваність, стандартне відхилення:	$\sigma_r = 118$ МПа;
- повторюваність, межа 95%:	$r = 335$ МПа;
- відтворюваність, стандартне відхилення	$\sigma_R = 969$ МПа;
- відтворюваність, межа 95%:	$R = 2740$ МПа.

ДОДАТОК А

(нормативний)

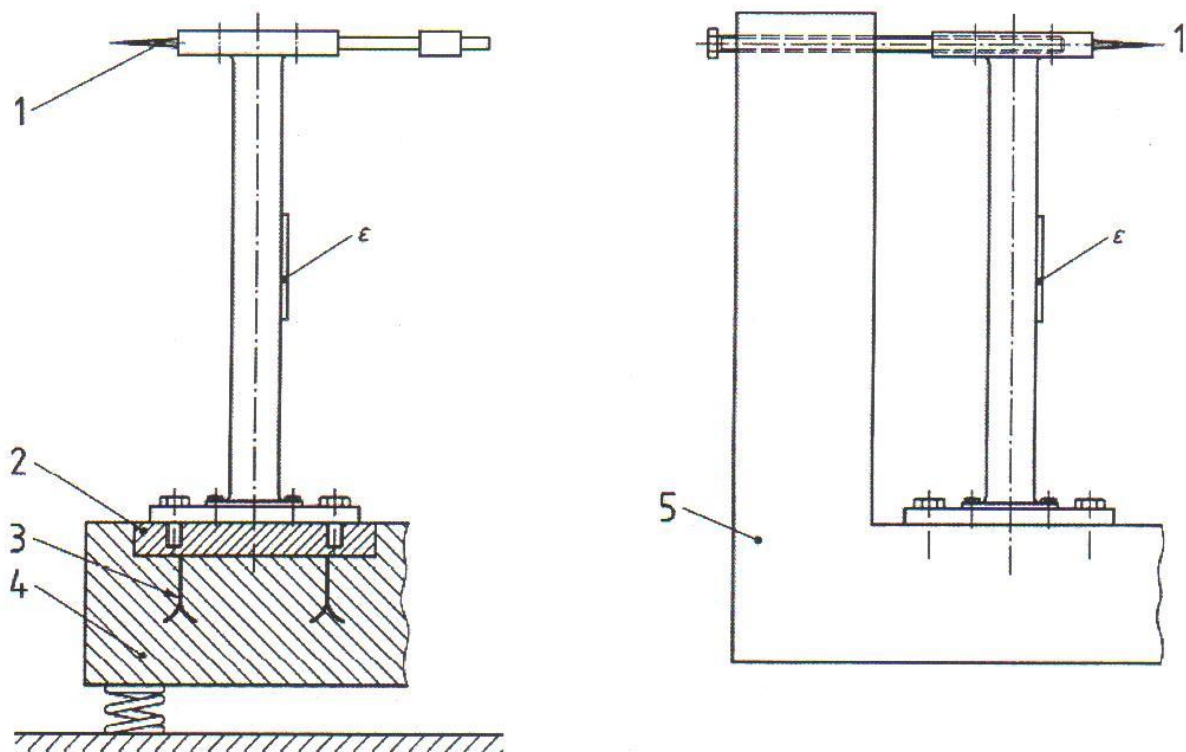
Випробування на змінний 2-х точковий вигин зразків трапецієподібної (2PB-TR) або призматичної (2PB-PR) форми

А.1 Принцип

У цьому додатку описується метод вимірювання модуля жорсткості бітумомінеральних сумішей за допомогою випробування на вигин консолі. Синусоїдальна (змінна) сила, $F = F_0 \times \sin (\omega \times t)$ або синусоїдальний прогин, $z = z_0 \times \sin (\omega \times t)$, прикладаються до вільного кінця зразка, другий кінець який приклеєний до стійки, нерухомий щодо жорсткої опори. Сила, F_0 , або прогин, z_0 , повинні бути такими, щоб викликати деформацію $\epsilon \leq 50 \times 10^{-6}$ в найбільш напруженій точці зразка, - відповідному лінійному діапазоні для бітумомінеральної суміші. На підставі F_0 , z_0 і кута зсуву фаз, Φ , розраховується комплексний модуль для різних температур і частот.

А.2 Обладнання

А.2.1 Випробувальне обладнання, що дозволяє застосування синусоїдального динамічного прогину до верхньої частини зразка в діапазоні частот від 3 Гц до 30 Гц. Встановлення зразка в жорсткій опорі має бути таким, щоб для даного прогину для металевого зразка деформація, ϵ , виміряна на випробувальному обладнанні, була не більше ніж на 5% менше деформації, ϵ , яка вимірюється на рамі (L-подібної форми), виконаної з сталі товщиною не менше 80 мм, під навантаженням близько 50 Н (див. Рисунок А.1).



Пояснення

1. Прогин верхнього кінця зразка
2. Плита, що підтримує металеву основу закріплення
3. Закріплення, що перевіряється
4. Випробувальний прилад
5. Рама L-подібної форми

Рисунок А.1 - Перевірка закріплення

ПРИМІТКА 1 Металевий зразок повинен володіти схожим з випробуваним зразком опором, наприклад $F/z = (350 \pm 50) \text{ Н/мм}$.

ПРИМІТКА 2 Наприклад, сталевий рівносторонній зразок розміром $(13,5 \pm 1) \text{ мм} \times (30 \pm 1) \text{ мм} \times (250 \pm 10) \text{ мм}$ з основою, модуль Юнга якого близько 70 ГПа, придатний для перевірки закріплення.

А.2.2 Вентильована термостатичні камера, в якій середня температура повітря зразка підтримується з точністю $\pm 0,3^\circ \text{ С}$ щодо заданої температури протягом всього випробування. Якщо випробувальне

обладнання не поміщене в термостатичну камеру, температура основи зразка повинна відповідати вимогам потоку повітря.

А.2.3 Вимірювальне обладнання:

А.2.3.1 Датчики, здатні вимірювати динамічну силу з точністю $\pm 3\%$.

А.2.3.2 Датчики, здатні вимірювати прогин до 0,2 мм з точністю 1 мкм.

А.2.3.3 Прилад для вимірювання кута зсуву фаз, з точністю до $\pm 1^\circ$.

ПРИМІТКА Для отримання чистого кута зсуву фаз, Φ , від виміряного кута зсуву фаз необхідно відняти кут зсуву фаз, створюваний електронним вимірювальним приладом. Кут зсуву фаз металевого блоку, створюваний електронним вимірювальним приладом, вимірюється для кожної частоти згідно п. А.2.1.

А.3 Приготування зразків

А.3.1 Зразок трапецієподібної (див. Рисунок А.2) або призматичної форми, з постійною товщиною і розмірами, наведеними в таблиці А.1.

Таблиця А1 - Мінімальні розміри зразків

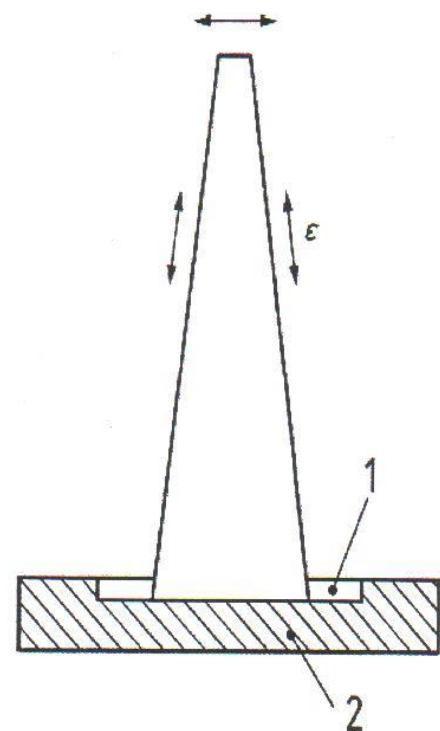
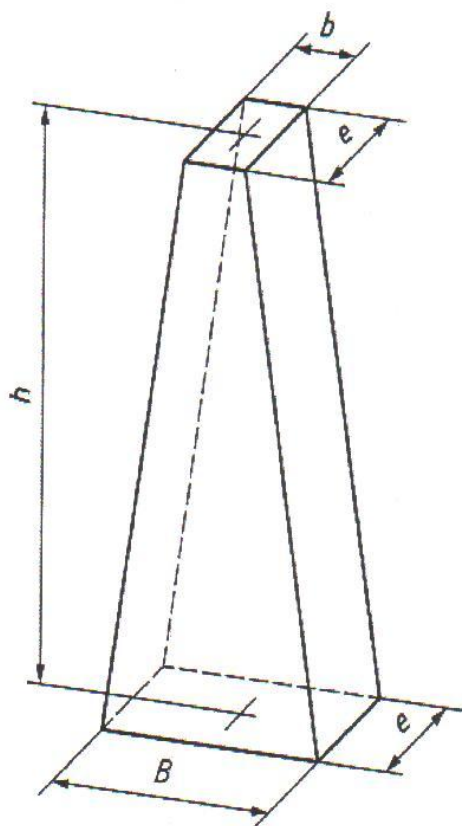
Розміри зразків	Зразки призматичної форми		Зразки призматичної форми		
мм	$D \leq 22$ мм	$D > 22$ мм	$D \leq 14$ мм	$14 < D \leq 22$ мм	$22 < D \leq 40$ мм
B			56 ± 1	75 ± 1	75 ± 1
b	40 ± 1	80 ± 1	25 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
e	40 ± 1	80 ± 1	25 ± 1	25 ± 1	50 ± 1
h	120 ± 1	240 ± 1	250 ± 1	250 ± 1	250 ± 1

ПРИМІТКА D діаметр найбільшого зерна заповнювача з суміші, в міліметрах (мм).

А.3.2 Зразки вирізають з плит, приготованих в лабораторії відповідно до вимог стандарту EN 12697-33, або плит, вирізаних з дорожнього

покриття товщиною ≥ 60 мм. Поздовжня вісь пластини повинна бути паралельна горизонтальній осі ущільненої бітумомінеральної суміші.

A.3.3 Основа кожного зразка приклеюється до металевої платформи (див. Рисунок А.3) так, щоб дана дія забезпечувала геометрично правильне положення зразка по відношенню до його основи. Захват, що фіксує зразок на приладі, що створює змінну напругу, приклеюється до верхньої частини зразка. Товщина платформи повинна становити не менше 10 мм.



Пояснення:

- 1. Паз приблизно 2 мм
- 2. Металева платформа

Рисунок А.2 - Геометрія зразка

Рисунок А.3 - Закріплення зразка

A.4 Порядок виконання

A.4.1 Зразок піддають синусоїдальному навантаженні, що прикладається до верхнього кінця зразка на протязі не менше 30 секунд і не більше 2 хвилин, викликаючи прогин, відповідний деформації, ε , менше 50 мікронавантажень.

A.4.2 Силу, F , прогин, z_0 , і кут зсуву фаз, Φ , вимірюють протягом останніх 10 сек. випробування.

A.4.3 Комплексний модуль визначають для чотирьох і більше температур з різницею не більше 1 ° C, а для кожної температури в трьох і більше частотах, рівновіддалених в логарифмічному масштабі з мінімальним коефіцієнтом збільшення 10 між крайніми частотами.

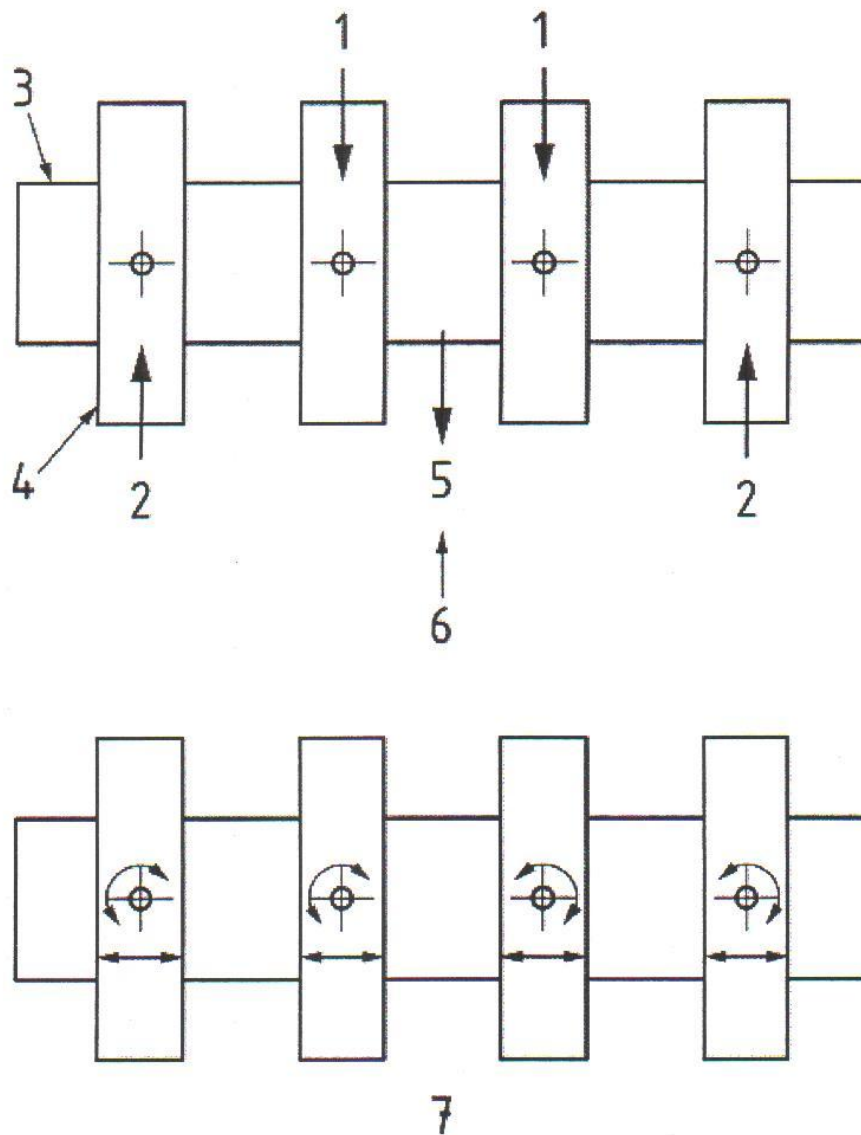
ДОДАТОК В

(нормативний)

Випробування на змінний 3-х точковий вигин зразків призматичної (ЗРВ-PR) форми і випробування на змінний 4-х точковий вигин зразків призматичної (4РВ-PR) форми

У цьому додатку описується метод вимірювання модуля жорсткості бітумомінеральних сумішей за допомогою випробування на вигин. Зразок призматичної форми піддається трьох точковому циклічному вигину або чотирьох точковому циклічному вигину з вільним обертанням і горизонтальним переміщенням у всіх точках навантаження і реакції. Вигин досягається шляхом переміщення центральної точки (точок) прикладання навантаження у вертикальному напрямку, перпендикулярному поздовжньої осі зразка. Вертикальне положення двох кінцевих точок зберігається. Циклічно прикладене переміщення симетричне по відношенню до нуля, синусоїдальне, а амплітуда переміщення постійна в часі. В ході випробування, сила (навантаження), необхідна для деформації зразка, вимірюється як функція часу і зсуву фаз між сигналом навантаження і сигналом переміщення. На підставі отриманих даних розраховується модуль жорсткості матеріалу.

ПРИМІТКА Основні принципи випробування на чотирьох точковий вигин представлені на рисунку В.1.



пояснення:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Прикладене навантаження | 5. Прогин |
| 2. Реакція | 6. Повернення в початкове положення |
| 3. Зразок | 7. Вільне переміщення і обертання |
| 4. Затискачі для зразка | |

Рисунок В.1 - Основні принципи випробування на чотирьох точковий вигин

В.2 Обладнання

В.2.1 Навантажувальна система, що складається з навантажувальної рами. Сила прикладається до зразка за допомогою навантажувального пристрою (пристроїв) через навантажувальну раму. Система складається з:

- одного навантажувального пристрою на центральному захваті $x = L / 2$ для випробувань на трьох точковий згин
- двох навантажувальних пристроїв на зовнішніх захватах в $x = A$ і $x = L - A$ - для випробувань на чотирьох точковий вигин.

В.2.2 Затискне пристосування, що дозволяє фіксувати зразок (балку) на навантажувальній рамі, забезпечуючи вільне горизонтальне переміщення і обертання всіх опор. Розрахований зворотним методом модуль жорсткості еталонної балочки з відомим модулем жорсткості повинен знаходитися в межах 2% - для модуля і $0,5^\circ$ - для кута зсуву фаз (див. П. В.2.8).

Для випробування на чотирьох точковий вигин, заданий чистий вигин між внутрішніми захопленнями перевіряють, вимірюючи прогин в місці центрального захоплення ($x = A$) і в центральній точці зразка ($X = L / 2$). Залежність між амплітудою прогину центральної точки і амплітудою прогину в місці центрального захоплення повинно бути постійним і визначається як

$$\frac{Z(L/2)}{Z(A)} = \frac{R(A)}{R(L/2)} = \frac{3L^2 - 4A^2}{4A \times (3L - 4A)} \quad (\text{В.1})$$

ПРИМІТКА Значення A повинне знаходитися в межах $0,25 < A / L < 0,4$, а в ідеалі повинно наближатися до $1/3$ ефективної довжини балочки L (конфігурація ASTM). В цьому випадку дане відношення дорівнюватиме 1,15. Якщо A/L знаходиться за межами зазначеного діапазону, то рівняння, використані в цьому додатку, невірні, тому що призводять до серйозних помилок.

В.2.3 Система контролю руху приводу, яка контролює вигин зразка і забезпечує відповідність вимогам, встановленим для доданого переміщення (див. П. В.4.2).

ПРИМІТКА Рекомендується, щоб система контролю включала програмований генератор функції і контрольний ланцюг, який здатний генерувати імпульс необхідної сили. Система контролю повинна запобігати осциляції контролюваного переміщення зразка в процесі випробування.

В.2.4 Датчик сили, з мінімальним вимірювальним діапазоном $\pm 2\ 000$ Н і точністю 1%. Сила повинна вимірюватися в точці, рівновіддаленій від двох центральних захоплень.

ПРИМІТКА Частота резонансу датчика сили і пов'язаної з ним рухомої маси повинна не менше ніж в 10 разів перевищувати частоту випробування.

В.2.5 Трансформатор лінійних переміщень, з діапазоном вимірювання близько $\pm 1,0$ мм і точністю 1%. Переміщення вимірюється в середині діагоналі на верхній або нижній поверхні зразка.

ПРИМІТКА Частота резонансу датчика сили і пов'язаної з ним рухомої маси повинна не менше ніж в 10 разів перевищувати частоту випробування.

В.2.6 Електронна система збору даних, безперебійні підсилювачі з діапазоном, приблизно збігаються з максимальними значеннями вимірювального діапазону трансформатора. Вимірювальні прилади з аналоговим або цифровим дисплеєм, що дозволяють прочитувати свідчення на підсилювачах з точністю до 1 Н - для сили, і 1 мкм - для переміщення.

ПРИМІТКА Динамічна поведінка вимірювальних підсилювачів і електронного обладнання може викликати помилки у вимірах, що значно перевищують максимально допустимі значення. Рекомендується вивчити специфікації постачальника на предмет можливої появи таких помилок.

Другий важливий фактор, який слід взяти до уваги, - це достатньо надійно захищене електронне обладнання від впливу зовнішніх джерел електричних і магнітних полів, які можуть викликати помилки в вимірах.

В.2.7 Термостатична кліматична камера, що підтримує постійну температуру випробування, в діапазоні від 0°C до 20° C з точністю $\pm 0,5^\circ \text{C}$.

ПРИМІТКА Рекомендується використовувати термостатичну камеру таких розмірів, які дозволяли б термостатувати в процесі випробування додаткові зразки.

В.3 Приготування зразків

В.3.1 Розміри

В.3.1.1 Зразок повинен мати форму призматичної балки з наступними номінальними пропорціями і допусками:

- загальна довжина L_{tot} не повинна перевищувати ефективну довжину більш ніж на 10%;
- різниця між максимальним і мінімальним виміром одного значення розміру повинна складати не більше 1,0 мм;
- кут між сусідніми поздовжніми поверхнями не повинен відхилятися від правильного кута більш ніж на 1° .

ПРИМІТКА Рекомендується також, щоб:

- ефективна довжина L не менше ніж в шість разів перевищувала найбільше значення ширини B та висоти H .
- ширина B і висота H не менше ніж в три рази перевищували максимальний діаметр зерна D в випробувальному матеріалі.

В.3.1.2 Загальна довжина вимірюється 4 рази за допомогою лінійки з точністю до 1,0 мм, в центрі верхньої та нижньої поверхонь. Висоту і ширину вимірюють за допомогою штангенциркуля з точністю до 0,1 мм в місцях кріплення захоплень ($x = 0$, $x = L / 2$, $x = L$ [3PB] або $x = 0$, $x = A$, $x = L - A$ і $x = L$ [4PB]). Довжину зразка розраховують як середнє арифметичне вимірювань довжини. Висоту і ширину зразка розраховують

В.4.2 При підготовці випробування зразок необхідно повернути на 90° по його поздовжній осі щодо вихідного положення в плиті, виготовленої в лабораторії або вирізаної з дорожнього покриття.

ПРИМІТКА У зв'язку з цим горизонтальна поздовжня поверхню зразка щодо становища в плиті при підготовці випробування стане його вертикальною поверхнею.

В.4.2.3 Для того, щоб правильно розрахувати коефіцієнт маси, зразок, а також масу рухомих частин між датчиком сили і балочку (наприклад, рухливу раму, захват і датчик прогину) зважують, а також відзначають точки, в яких дані маси впливають на зразок.

ПРИМІТКА Як правило, місцями, в яких дані маси впливають на зразок, є внутрішні захвати (захват).

В.4.2.4 Зразок піддають синусоїдальному навантаженні, що викликає задану амплітуду деформації (50 ± 3) мікронавантажень. Амплітуда прогину повинна знаходитися в межах 2% номінального значення.

В.4.2.5 Силу, F , прогин, z_0 , і кут зсуву фаз, Φ , записують разом з температурою випробування і частотою.

В.4.2.6 Початковий модуль жорсткості визначають між 45-м і 100-м циклами прикладання сили. Модуль жорсткості бітумомінеральної суміші розраховують як середнє арифметичне значення, отриманих для двох і більше зразків.

ПРИМІТКА Початковий модуль жорсткості, як правило, визначають на 100-му циклі, так як часто дане значення визначається як початковий модуль жорсткості. Однак більш важливо, щоб необхідні параметри (наприклад, амплітуда деформації) були постійними протягом циклу, на якому визначається модуль жорсткості.

ДОДАТОК С

(нормативний)

Випробування на непряме розтягнення зразка циліндричної (IT-CY) форми

С.1 Принцип методу

У цьому додатку описується метод вимірювання модуля жорсткості бітумомінеральних сумішей за допомогою випробування на непряме розтягнення. Даний метод може використовуватися для випробування зразків циліндричної форми, виготовлених в лабораторії або вирубаних з дорожнього покриття, з різним діаметром і товщиною.

С.2 Обладнання

С.2.1 Основне обладнання

С.2.1.1 *Термометр і/або термоелемент, і/ або платиновий резистивний датчик температури, з відповідним вимірювальним діапазоном, що дозволяє проводити вимірювання з точністю до $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для визначення температури зразка, температури зберігання і навколишнього середовища випробування.*

С.2.1.6 *Відповідний захват, що дозволяє фіксувати циліндричний матеріал під час вирізання зразків.*

С.2.1.7 *Пила, для випилювання і обрізки зразків до необхідних розмірів.*

ПРИМІТКА Рекомендується використовувати пилку з лезом, покритим діамантовою крихтою.

С.2.2 Обладнання

С.2.2.1 *Сталева навантажувальна рама.*

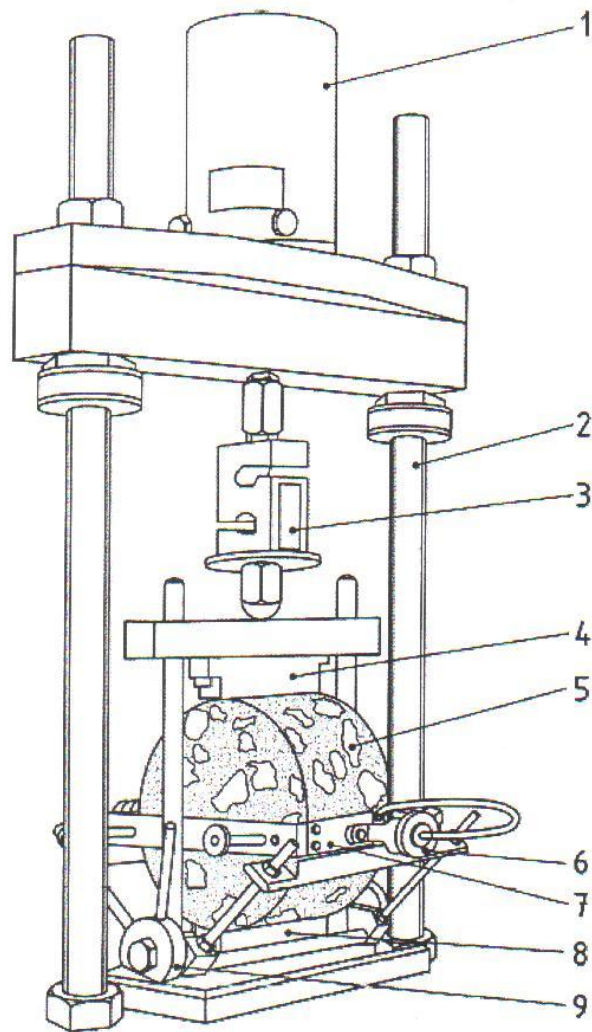
ПРИМІТКА Приклад навантажувальної рами показаний на рисунку С.1.

С.2.2.2 *Дві сталеві навантажувальні пластини затискного пристосування відповідно до таблиці С.1. Поверхня, що контактує зі*

зразком, повинна бути увігнутою; її протяжність повинна збігатися з шириною зразка. Краї навантажувальних пластин повинні бути закруглені, щоб уникнути прорізування зразка під час випробування. Необхідно провести центрування нижньої пластини з віссю навантаження сталеві рами. Верхня пластина повинна бути з'єднана з навантажувальною системою за допомогою сферичного шарніра.

Таблиця С.1 - Розміри навантажувальних пластин затискного пристосування

Номінальний діаметр зразка, мм	Ширина навантажувальної пластини, мм	Номінальна глибина увігнутої частини, мм
80	10 ± 1	40 ± 1
100	12 ± 1	50 ± 1
120	15 ± 1	60 ± 1
150	19 ± 1	75 ± 1
200	25 ± 1	100 ± 1



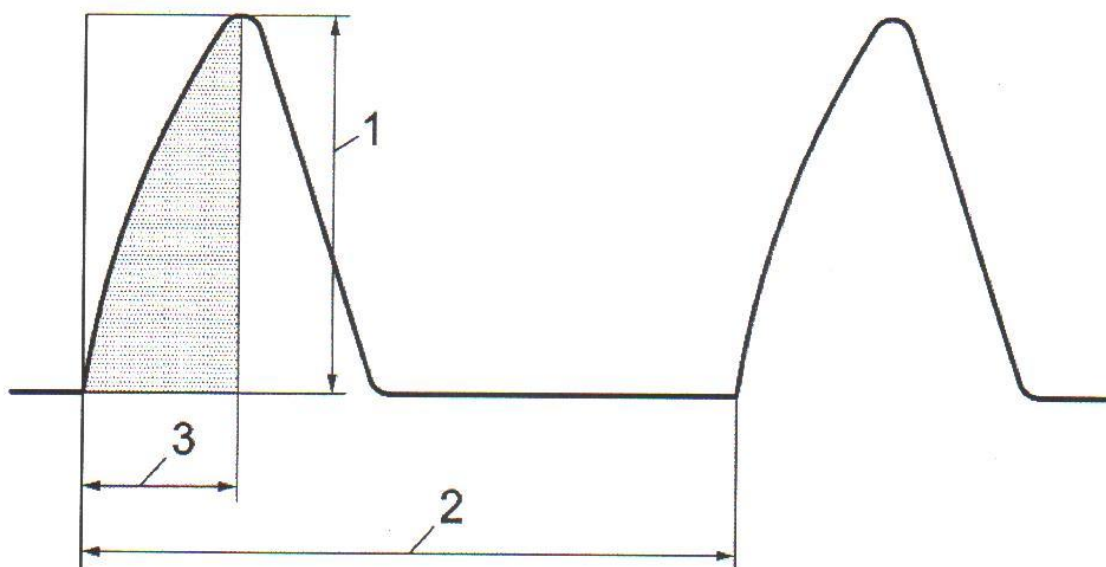
Пояснення:

1. Навантажувальний пристрій
2. Сталева навантажувальна рама
3. Датчик сили
4. Верхній навантажувальний захват
5. Зразок
6. Налаштування LVDT (лінійно регульованого диференціального трансформатора)
7. Рама для кріплення ЛРДТ
8. Нижній навантажувальний захват
9. Зажим для центрування ЛРДТ

Рисунок С.1 - Приклад випробувальної машини

С.2.2.3 Навантажувальна система (див. Рисунок С.1)

С.2.2.3.1 Відповідний навантажувальний пристрій підключають таким чином, щоб навантаження передавалися по вертикальному діаметру зразка через навантажувальні пластини затискного пристосування. Пристрій повинен забезпечувати прикладання регулярно повторюваного імпульсу навантаження з періодом спокою. Форма навантаження повинна бути синусоїдальною або наближатися до неї (див. Рисунок С.2). Час навантаження повинен контролюватися протягом усього випробування.



Пояснення

- 1 Пікове навантаження
- 2 Час повторення імпульсу навантаження
- 3 Час збільшення

Рисунок С.2 - Відображення імпульсу навантаження, що показує час збільшення і пікове навантаження

С.2.2.3.2 Час збільшення, що вимірюється від початку імпульсу навантаження, коли прикладене навантаження зростає від нуля до максимального значення, становить (124 ± 4) мс. Значення пікового навантаження повинно бути підібрано таким чином, щоб пікове значення

короткочасної горизонтальної деформації становило 0,005% діаметра зразка.

ПРИМІТКА Для цього може знадобитися відрегулювати висоту поперечника (див. ПРИМІТКА 1 до п. С.4.2).

С.2.2.3.3 Прикладене навантаження вимірюють за допомогою датчика з точністю 2%. Час повторення імпульсу навантаження (рисунок С.2) має становити $(3,0 \pm 0,1)$ с.

С.2.2.3.4 Коефіцієнт області навантаження є відношенням заштрихованої області на рисунку С. 2, до відтворення часу збільшення і пікового навантаження. Якщо дане відношення відмінне від 0,60, вимірний модуль жорсткості необхідно відкоригувати за методом, описаним в п. С.4.3.3.

ПРИМІТКА 1 Рекомендований коефіцієнт області навантаження складає 0,60.

ПРИМІТКА 2 Рекомендований час збільшення становить (124 ± 4) мс, Проте можна використовувати інший інтервал часу. Прикладений імпульс навантаження підібраний таким чином, щоб можна було отримати короткочасний пік горизонтальної деформації. Визначене експериментальним шляхом значення піку горизонтальної деформації становить (7 ± 2) мкм для зразка номінальним діаметром 150 мм і (5 ± 2) мкм для зразка номінальним діаметром 100 мм, однак для деяких матеріалів може знадобитися інше значення піку горизонтальної деформації, необхідне для отримання достатнього навантаження і деформації.

ПРИМІТКА 3 Якщо модуль жорсткості матеріалу відносно високий, а навантаження короткочасне або температура випробування низька, потужність навантажувальної системи може бути недостатньою для створення необхідного рівня горизонтального навантаження і деформації. В такому випадку можливо зменшити товщину зразка.

С.2.2.4 Сталеve кільце із зовнішнім діаметром (100 ± 5) мм або (150 ± 5) мм. Ширина кільця повинна перевищувати 70 мм, а внутрішній діаметр повинен бути підбраний таким чином, щоб симулювати ефективний модуль жорсткості при непрямому розтягуванні між 1 500 МПа і 3 000 МПа.

ПРИМІТКА Сталеve кільце може бути оснащено рамою з вирівнюючими зажимами для лінійно регульованого диференціального трансформатора і інтегрованою системою, що передає навантаження уздовж вертикального діаметру кільця.

С.2.3 Система вимірювання деформації, що дозволяє моніторинг тимчасової горизонтальної деформації зразка в момент прикладання імпульсного навантаження. Точність вимірювання повинна бути вище 1 мкм в діапазоні ± 50 мкм. Зареєстрований пік горизонтальної деформації повинен відповідати амплітуді зміни горизонтального діаметра зразка.

ПРИМІТКА 1 Відповідна система вимірювання горизонтальної деформації представлена на рисунку С.3. Два лінійно регульованих диференціальних трансформатора (ЛРДТ) встановлені навпроти один одного на жорсткій рамі, закріпленої на зразку (рисунок С.4). В ході випробування рама підтримується захватами, притому будь-яке зіткнення з елементами обладнання виключено.

ПРИМІТКА 2 Щоб мінімізувати деформацію рами, можна використовувати прилад для вимірювання крутного моменту для затягування гайок затискачів.

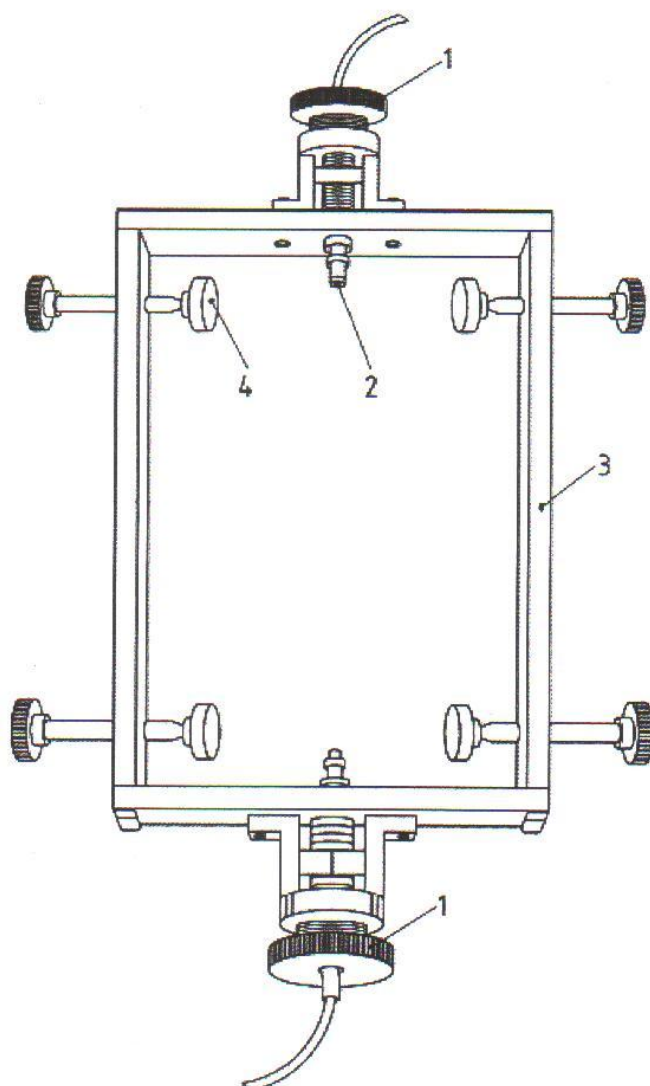
ПРИМІТКА 3 Для випробування зразків з матеріалів з відкритою структурою може бути необхідне використання дискових наконечників ЛРДТ.

ПРИМІТКА 4 Також приймаються інші підходящі пристрої для вимірювань деформації, такі як екстензометри. Точність яких повинна бути 0,2 мкм.

С.2.4 Реєстровий пристрій, обладнаний цифровим блоком інтерфейсу, підключений до комп'ютера, який повинен контролювати і

зареєструвати електричні сигнали від напруги та деформації трансформаторів. Частота збирання даних повинна бути такою, щоб при запуску імпульсу навантаження, сигнал з кожного трансформатора зчитувався зі частотою не менше 500 Гц.

С.2.5 Розділений простір з постійною температурою, що складається з камери або відповідного приміщення з примусовою вентиляцією, для термостатування зразка та проведення випробувань.



Пояснення:

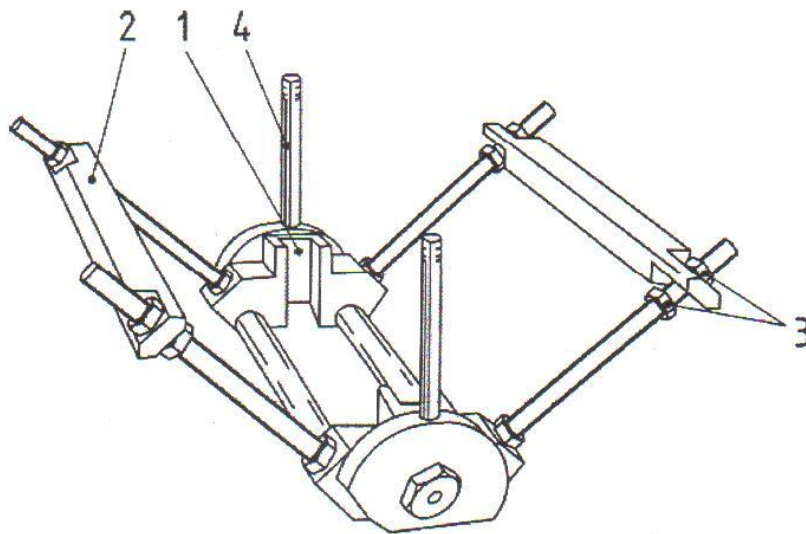
1. Налаштування ЛРДТ

3. Рама для кріплення ЛРДТ

2. ЛРДТ

4. Запобіжні засоби

Рисунок С.3 - Система виміру горизонтальної деформації діаметра



Пояснення:

- 1 Канал позиції навантажувальної рами
- 2 Рама-розпірка для рами ЛРДТ
- 3 Регулюючі гайки для вирівнювання
- 4 Важіль вимикання

Рисунок С.4 - Вирівнювання LVDT

С.3 Приготування зразків

С.3.1 Приготування

С.3.1.1 Зразки циліндричної форми повинні мати такі розміри: товщина від 30 мм до 75 мм і номінальний діаметр: 80 мм, 100 мм, 120 мм, 150 мм або 200 мм. Обидва розміри повинні вибиратися з урахуванням максимального номінального розміру зерна в мінеральній суміші.

ПРИМІТКА 1 Рекомендована товщина зразка повинна бути максимально наближеною до товщини шару, однак, не більше 75 мм і не менше 30 мм.

ПРИМІТКА 2 Зразки можна вирізати з ущільненого шару дорожнього покриття або з ущільнених в лабораторних умовах плит, або готувати у відповідних лабораторних формах. Проте, результати, отримані від зразка,

приготованого в лабораторних умовах, можуть не збігатися з результатами, отриманими від зразка, вирізаного з ущільненого шару дорожнього покриття.

ПРИМІТКА 3 Результати зразків різного діаметру, не повинні порівнюватися між собою, доки не будуть проведені подальші дослідження.

С.3.1.2 Номінальний діаметр кожного керна повинен становити ± 5 мм. Кожен kern випробувального матеріалу обпилюють пилкою до отримання циліндричної форми правильного номінального діаметра. Всі випуклі зерна заповнювача видаляють шляхом обпилювання поверхні керна. Циліндр фіксують в затискному патроні та нарізають пилкою на пластинки товщиною від 30 мм і 75 мм. Кожна пластинка є зразком.

ПРИМІТКА Зразок не повинен включати будь-які з'єднання між шарами дорожнього покриття або верхній шар дорожнього покриття. Якщо сліди з'єднання не можна зачистити, зразок не є однорідним і повинен бути виключений, в іншому випадку даний факт необхідно відобразити в протоколі випробування.

С.3.1.3 Товщину кожного зразка вимірюють у відповідність до вимог стандарту EN 12627-29.

С.3.1.4 Діаметр необхідно відзначити на плоскій поверхні зразка відповідним фломастером. Другий діаметр відзначити під кутом $(90 \pm 10)^\circ$ щодо першого. Обидва діаметра повинні бути позначені належним чином.

С.4 Режим роботи

С.4.1 Установка зразка

С.4.1.1 Навантажувальні пластини повинні бути очищені, при необхідності використовуючи розчинник.

С.4.1.2 Після досягнення певної температури зразок підготовлюється до проведення випробування на поверхні з відміченим діаметром, встановленим вертикально. Процедура підготовки, що включає установку

датчиків і вимірювальної системи, проводиться у відповідність з інструкціями виробника.

ПРИМІТКА 1 Встановлюючи висоту поперечини, слід враховувати необхідність отримання встановленого піку навантаження в необхідний момент збільшення. На форму імпульсу навантаження безпосередньо впливає модуль жорсткості і розмір зразка. Необхідно відрегулювати висоту поперечини так, щоб отримати коефіцієнт навантаження рівний $(0,60 \pm 0,10)$. Для типового випробування необхідний коефіцієнт навантаження складає 0,60.

ПРИМІТКА 2 Важливо, щоб при використанні ЛРДТ рама кріплення була рівномірно і щільно притиснута до зразка. Необхідно стежити за тим, щоб запобіжні затиски не були затиснуті занадто сильно. Уникнути цього можна, доклавши постійний крутний момент до кожного запобіжного затиску.

С.4.2 Вимірювання жорсткості

С.4.2.1 Початкові імпульси навантаження

Щоб прилад почав давати навантаження необхідної сили за час, необхідної для отримання заданої горизонтальної деформації діаметра і часу, необхідно генерувати не менше 10-ти початкових імпульсів.

С.4.2.2 Вимірювання деформації

С.4.2.2.1 При необхідності прилад для вимірювання деформації повернути в центральне положення операційного діапазону. Наприклад прикласти наступні п'ять імпульсів навантаження і для кожного прикладеного імпульсу навантаження виміряти і зафіксувати зміни прикладеної сили і рівень деформації діаметра в часі, а також визначити коефіцієнт виміру навантаження.

С.4.2.2.2 Поперечину встановлюють таким чином, щоб коефіцієнт навантаження становив від 0,50 до 0,70. Якщо це значення не буде досягнуто, зразок необхідно виключити, а результати анулювати.

Рекомендоване цільове значення коефіцієнта області навантаження складає 0,60.

ПРИМІТКА 1 Якщо горизонтальна деформація діаметра менше 3 мкм. або більше 20 мкм., це означає, що обрано невідповідну температуру або метод випробування.

ПРИМІТКА 2 Якщо вертикальна напруга становить менше 0,5 кН, це означає, що обрано невідповідну температуру або метод випробування.

С.4.2.3 Розрахунок модуля пружності на основі вимірів

С.4.2.3.1 На підставі результатів вимірювань 5 імпульсів сили, отриманий модуль жорсткості повинен розраховуватися для кожного імпульсу за такою формулою:

$$E = \frac{F \times (\nu + 0,27)}{(z \times h)} \quad (\text{С.1})$$

де

E це виміряний модуль жорсткості, в мегапаскалях (МПа);

F значення піку навантаження, прикладеного вертикально, в Ньютонах (Н);

z амплітуда горизонтальної деформації (рисунок С.5), отримана під час циклу навантаження, в міліметрах (мм);

h середня товщина зразка, в міліметрах (мм);

ν коефіцієнт Пуассона.

С.4.2.3.2 Якщо коефіцієнт Пуассона не визначений, то для всіх температур приймають значення 0,35.

С.4.2.3.3 Виміряний модуль жорсткості коригують за допомогою коефіцієнта області навантаження 0,60 за такою формулою:

$$E' = E \times (1 - 0,322 \times (\log(E) - 1,82) \times (0,60 - k)) \quad (\text{С.2})$$

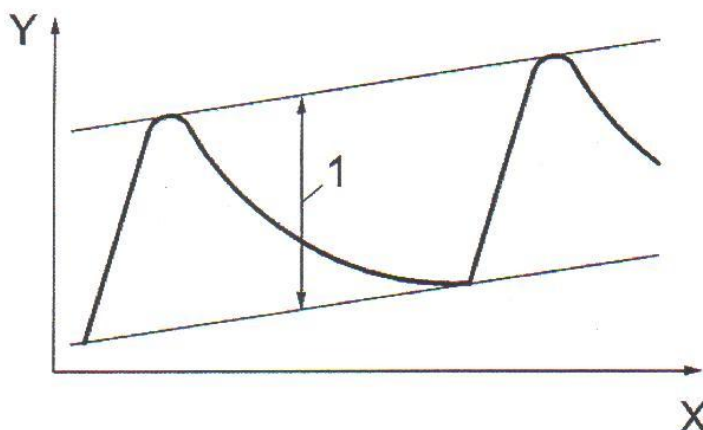
де

E' це модуль жорсткості, в мегапаскалях (МПа), відкоригований за допомогою коефіцієнта області навантаження 0,60;

k це виміряний коефіцієнт області навантаження;

E це виміряний модуль жорсткості, в мегапаскалях (МПа), при коефіцієнті навантаження k , виражений в градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$).

ПРИМІТКА Рівняння (С.2) застосовується тільки для модулів жорсткості від 2000 до 5000 МПа при 20°C .



Пояснення

X Навантаження

Y Деформація

1 Амплітуда деформації

Рисунок С.5 - Амплітуда деформації

С.4.2.4 Модуль жорсткості зразка

С.4.2.4.1 Зразок виймається з випробувальної машини, повертається на $(90 \pm 10)^{\circ}$ по горизонтальній осі і повторно встановлюється у випробувальну машину відповідно до процедури, описаної в п. С.4.1. Випробування і розрахунки повторюють згідно п. С.4.2.2 і п. С.4.2.3.

С.4.2.4.2 Якщо середнє значення модуля жорсткості по даному випробуванні буде перебувати в межах $+10\%$ або -20% від середнього значення, визначеного для першого випробування, значення, отримане після двох випробувань, розраховують і записують як модуль жорсткості зразка.

С.4.2.4.3 Якщо різниця між двома величинами більше, ніж вказано вище, результати анулюють.

ДОДАТОК D

(нормативний)

Випробування на пряме розтягування-стиснення зразка циліндричної (DTC-CY) форми

D.1 Принцип

Синусоїдальна деформація $\varepsilon = \varepsilon_0 \times \sin(\omega t)$ прикладається до зразка циліндричної форми, приклеєного до двох сталевих пластин, які прикручені до навантажувальної платформи. Значення ε_0 має становити $\leq 25 \times 10^{-6}$, щоб воно знаходилося в лінійному діапазоні для бітумомінеральної суміші. Комплексний модуль розраховується для різних температур і частот разом з виміряним F_0 і кутом зсуву фаз Φ .

D.2 Обладнання

D.2.1 *Випробувальна машина*, дозволяє створювати динамічну синусоїдальну деформацію в діапазоні частот від 0,1 Гц до 20 Гц.

D.2.2 *Кліматична камера* із середньою температурою потоку повітря, підтримуваною на рівні температури випробування з точністю $\pm 0,3^\circ \text{C}$.

D.2.3 *Вимірювальний прилад*.

D.2.4 *Датчик сили*, дозволяє проводити вимірювання навантаження від 1 Н до 6 000 Н з точністю $\pm 5\%$ і від 1 Н і 200 Н з точністю 1%.

D.2.5 *Прилад для вимірювання кута зсуву фаз* з точністю до $\pm 1^\circ$.

D.3 Приготування зразків

D.3.1 Зразок повинен мати форму ортогонального циліндра (див. Рисунок D.1). Зразок отримують шляхом висвердлювання керна і нарізування плити (приготовленої в лабораторії відповідно до вимог стандарту EN 12697-33, або з дорожнього покриття) або за допомогою конусної дробарки (відповідно до стандарту EN 12697-31).

D.3.2 Зразок повинен мати такі розміри:

- діаметр ($\varnothing$) від 50 мм до 160 мм включно, рівний або більший чотирьох D ; допуск на діаметр повинен становити менше 0,5 мм;

- довжина (H) в 1,8-3 рази більша діаметра зразка.

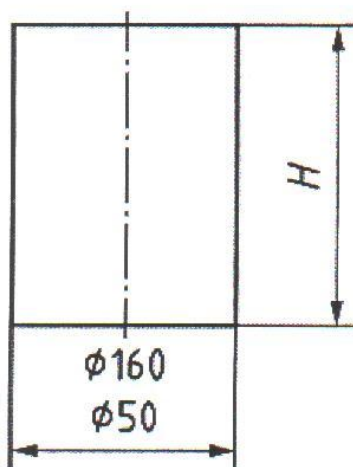


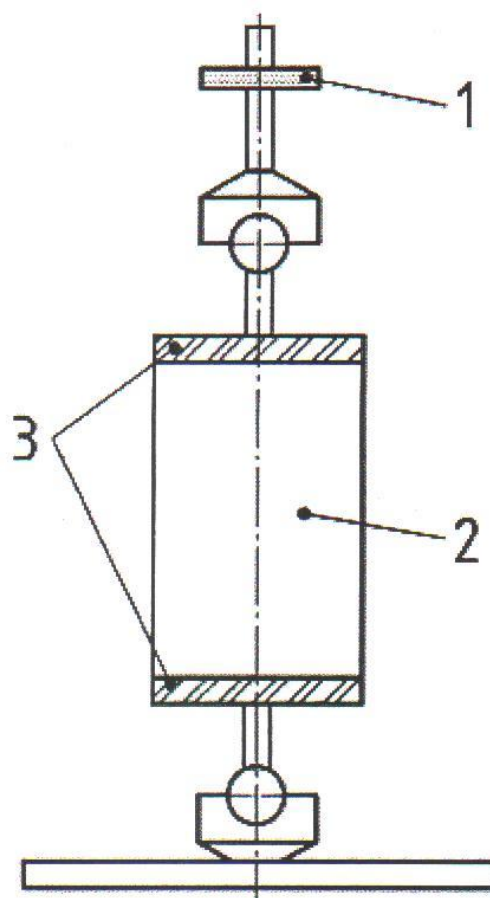
Рисунок D.1 - Геометрія зразків

D.3.3 Щоб висвердлити зразок з керна, керни, вирізані з дорожнього покриття повинні мати такі параметри:

- діаметр ($\emptyset$), не менше ніж на 20 мм більше необхідної довжини зразка (H),
- довжина не менше ніж на 10 мм більше від необхідного діаметра зразка ($\emptyset$).

D.3.4 Кожен зразок приклеюється двома гранями (див. Рисунок D.2) до сталевих пластин. Шарнірні з'єднання граней повинні дозволяти регулювання положення зразка. Коли буде вибрано правильне положення, обертання шарнірних з'єднань блокують. Вісь циліндричного зразка повинна бути паралельна осі руху ущільнюючої машини.

D.3.5 Потім одним рухом, який повинен бути погоджений для верхньої пластини, це одночасне напруження розтягу-стиску. Нижню пластину прикріплюють до платформи, а синусоїдальну деформацію до верхньої пластини не прикладають.



Пояснення

- 1 Датчик сили;
- 2 Зразок;
- 3 Сталеві пластини, приклеєні до зразка;

Рисунок D.2 - Кріплення зразка при дослідженні СТС-СУ

ПРИМІТКА Навантаження може бути застосовуватися та/або вимірюватися на верхній або нижній частині зразка.

D.3.4 Режим роботи

D.4.1 Стабілізація зразка

Перед випробуванням вирізаний зразок витримують від двох тижнів до двох місяців. Для кожної температури випробування зразок витримують при даній температурі в випробувальній камері протягом 4 год. Випробування починають з найменшої температури.

D.4.2 Процедура випробування

D.4.2.1 Зразок піддають синусоїдальному навантаженні $\varepsilon_0 \leq 25$ мікронвантажень.

D.4.2.2 Модуль жорсткості визначають для чотирьох і більше температур, а для кожної температури - в шести і більше частотах.

Комплексний модуль може бути визначений для необхідної температури та для необхідної частоти. Якщо необхідно визначити узагальнюючу криву, комплексний модуль повинен визначатися не менш як при чотирьох температурах, розділених не більше ніж на 10°C , і для кожної температури не менше трьох частот, рівномірно розподілених по логарифмічній шкалі з мінімальним співвідношенням 10 між крайніми частотами.

ПРИМІТКА Як правило, використовую чотири температури: 10°C , 20°C , 30°C і 40°C , і шість частот: 0,1 Гц; 0,3 Гц; 1,0 Гц; 3,0 Гц; 10 Гц; і 20 Гц.

ДОДАТОК Е

(нормативний)

Випробування на пряме розтягування зразка циліндричної (DT-CY) або призматичної (DT-PR) форми

Е.1 Принцип

Принцип випробування полягає в прикладанні до зразка одноосьового навантаження розтягування при заданій температурі і часу навантаження, що відповідає заданій монотонності і принципу відносної деформації, $a_i t$. Зразок витримують до і після кожного етапу випробування.

Е.2 Обладнання

Е.2.1 Машина для випробувань на розтяг, що дозволяє додаток лінійно зростаючої деформації, $z = a_i t$.

Е.2.2 Випробувальне обладнання.

Е.2.2.1 Датчик сили, що дозволяє проводити вимірювання навантаження від 1 Н до 6 000 Н з точністю $\pm 5\%$ і від 1 Н і 200 Н з точністю 1%.

Е.2.2.2 Екстензометр, складається з трьох датчиків для вимірювання деформації, розташованих через 120° , вимірювальна область яких знаходиться між 45 мм і 205 мм. Довжина вимірювальної області l_0 повинна наближатися до 1 мм. Подовження Δl вимірюється з точністю до ± 1 мкм. Після перехідного періоду похибка лінійності застосовуваних законів подовження повинна бути меншою ніж 0,3 мкм.

Перехідний період - це період часу з початку випробування. Він відповідає часу, необхідному для досягнення подовження 1,5 мкм.

Е.2.3 З'єднувальний пристрій, що дозволяє кріпити з'єднувальні елементи до кінців зразків так, щоб відповідні осі сходилися.

Е.2.4 Кліматична камера, що підтримує температуру з точністю до $\pm 0,2^\circ \text{C}$, в кожній точці на центральному рівні вимірювальної області, на

максимальній відстані від зразка 30 мм, попереду камери. При температурах випробування 0° С і 15° С максимальна різниця температур, виміряних в чотирьох і більше крайніх точках, не повинна перевищувати 0,5° С.

Е.3 Приготування зразків

Е.3.1 Зразок циліндричної форми

Е.3.1.1 Зразок повинен мати форму ортогонального циліндра (див. Рисунок D.1). Зразок отримують шляхом висвердлювання керна і нарізування плити (приготовленої в лабораторії відповідно до вимог стандарту EN 12697-33, або з дорожнього покриття) або за допомогою конусної дробарки (відповідно до стандарту EN 12697-31).

Е.3.1.2 Зразок повинен мати такі розміри:

- діаметр ($\varnothing$) від 50 мм до 160 мм включно, рівний або більший чотирьох D ; допуск на діаметр в вимірювальній області має становити менше 0,5 мм;
- довжина (H) - в 2-3 рази більша діаметра зразка.

Е.3.1.3 Щоб висвердлити зразок з керна, керни, вирізані з дорожнього покриття, повинні мати такі параметри:

- діаметр ($\varnothing$), не менше ніж на 20 мм більше необхідної довжини зразка (H),
- довжина не менше ніж на 10 мм більше від необхідного діаметра зразка ($\varnothing$).

Якщо проба відбирається з дорожнього покриття або плити, приготовленої в лабораторії, то вісь циліндричного зразка повинна бути паралельна осі руху ущільнюючої машини.

Е.3.1.4 Зразки зберігають таким чином, щоб їх розміри залишалися незмінними.

Е.3.1.5 Для кожної бітумомінеральної суміші дію повторюють не менше чотирьох разів.

Е.3.2 Зразок призматичної форми

Е.3.2.1 Зразок призматичної форми отримують шляхом висвердлювання з плити, відібраної з дорожнього покриття або приготовленої в лабораторії відповідно до вимог стандарту EN 12697-33.

Е.3.2.2 Зразок призматичної форми повинен мати такі розміри:

- прямокутний перетин зі сторонами від 20 мм до 100 мм включно, більше двох D ; більша сторона повинна бути не менше ніж в 1,7 разів довше меншої сторони прямокутного перетину. Допуск по сторонам в вимірювальній області має становити $\pm 0,5$ мм;
- довжина (H) повинна в 1,8-3 рази перевищувати більшу сторону прямокутного перетину.

Е.3.2.3 Вісь призматичної випробовуваної частини повинна бути паралельна осі руху ущільнюючої машини.

Е.3.2.4 Зразки зберігають таким чином, щоб їх розміри залишалися незмінними.

Е.4 Режим роботи

Е.4.1 Стабілізація зразків

Е.4.1.1 Перед циклом навантажень при заданій температурі зразок витримують при заданій температурі $\pm 1^{\circ}$ С протягом 4 год для зразків діаметром або шириною 100 мм або менше, і 8 ч для інших зразків. Перед поміщенням зразка в випробувальну машину, його витримують в камері при температурі випробування не менше 4 годин.

Е.4.1.2 Попередня механічна стабілізація

Зразок поміщують у випробувальну машину. Навантаження, прикладене під час установки, не повинне перевищувати 100 Н. Зразок повинен залишатися в ненапруженому (нейтральному) стані не менше 30 хвилин. Зразок не повинен переміщатися в машині не менше 60 хвилин, в разі, якщо температура випробування нижче -5° С, і не менше 30 хвилин для інших температур випробування.

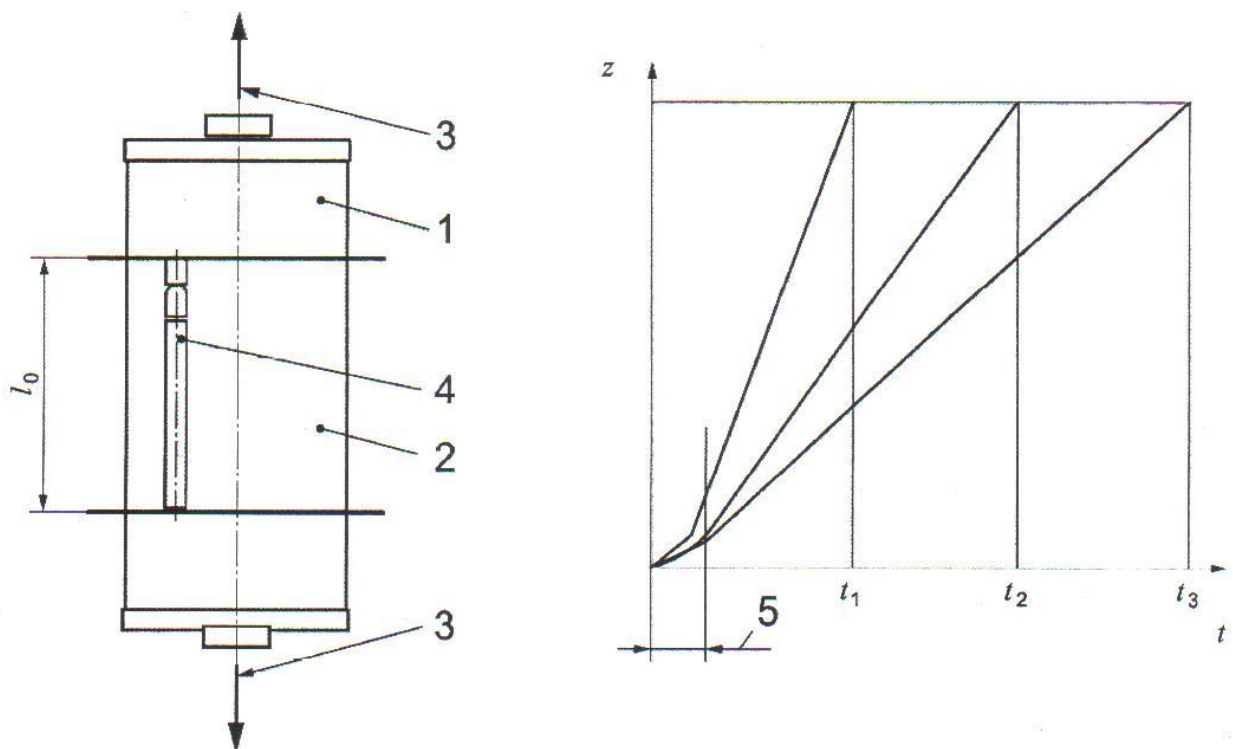
Е.4.2 Процедура випробування

Е.4.2.1 Для кожного випробування вибирають:

- температуру випробування Θ_j ;
- рівень відносної деформації z_j ;
- час навантаження t_j (з точністю до 2%).

Е.4.2.2 Виконують всі етапи випробування, а напругу $\sigma(t_j, \Theta_j)$ вибирають відповідно деформації ε_j .

Е.4.2.3 На рисунку Е.1 представлений принцип випробування.



Пояснення

- | | |
|---|-----------------------|
| 1 | Зразок |
| 2 | Випробувальна область |
| 3 | Навантаження |
| 4 | Датчик (1 з 3) |
| 5 | Короткий період |

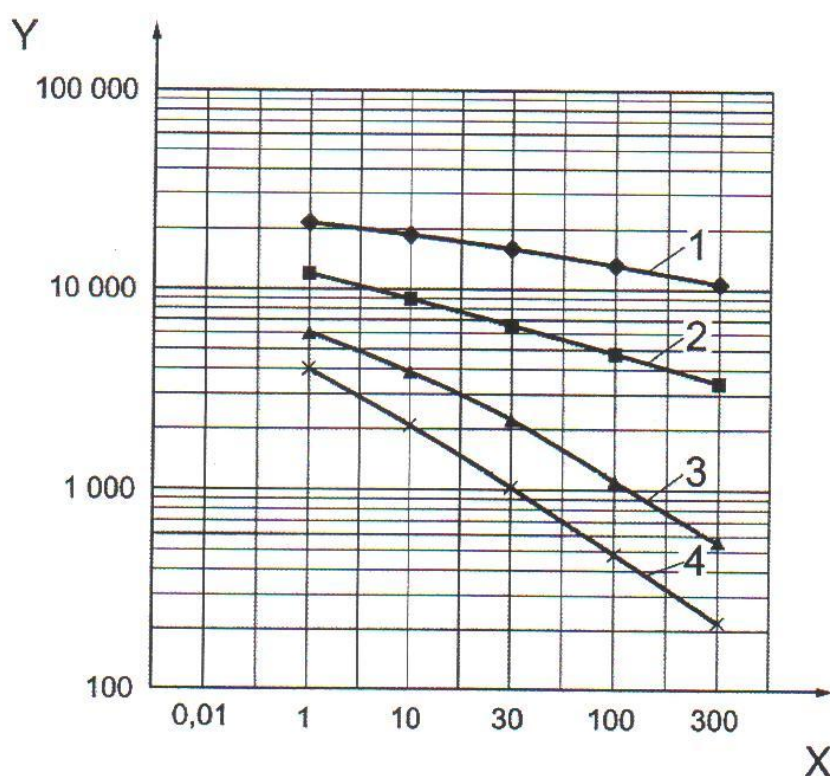
Рисунок Е.1 - Принцип випробування DT-CY

Е.5 Побудова узагальнюючої кривої

Е.5.1 Ізотерми

Для однієї температури випробування необхідні принаймні чотири навантаження і принаймні два часу навантаження для інших температур випробування (див. Рисунок Е.2).

Значення жорсткості графічно представлені в логарифмічному масштабі у вигляді ізоterm жорсткості, виражених функцією часу навантаження, згідно Додатку G.



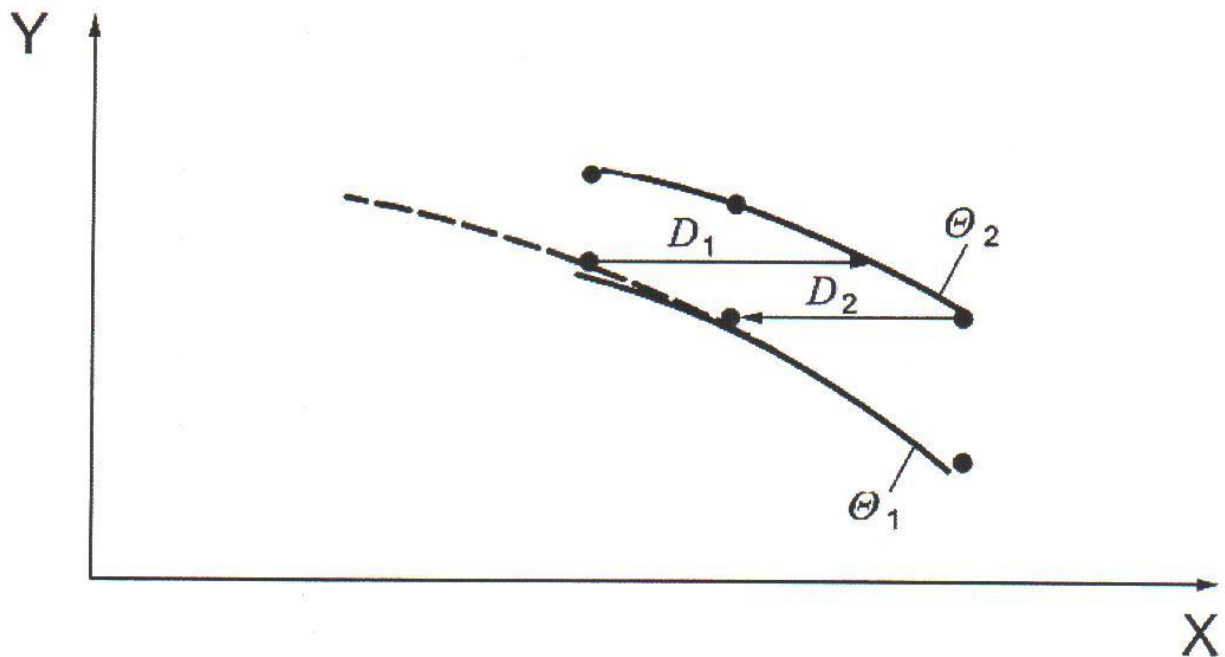
Пояснення

- Y жорсткість, в МПа
 X час завантаження, в с
 1 - 5° C
 2 0° C
 3 + 10° C
 4 + 15° C

Рисунок Е.2 - Приклад ізоterm

Е.5.2 Узагальнююча крива при заданій температурі

Узагальнюючу криву при постійній температурі будують шляхом паралельного перенесення ізоTERM, побудованих для інших температур, уздовж шкали часу навантаження. Коефіцієнт зсуву визначають між ізоTERMOЮ при температурі θ_1 та ізоTERMIЄЮ при температурі θ_2 шляхом розрахунку, як показано на рисунку Е.3, з метою побудови безперервної кривої для заданої температури.



Пояснення

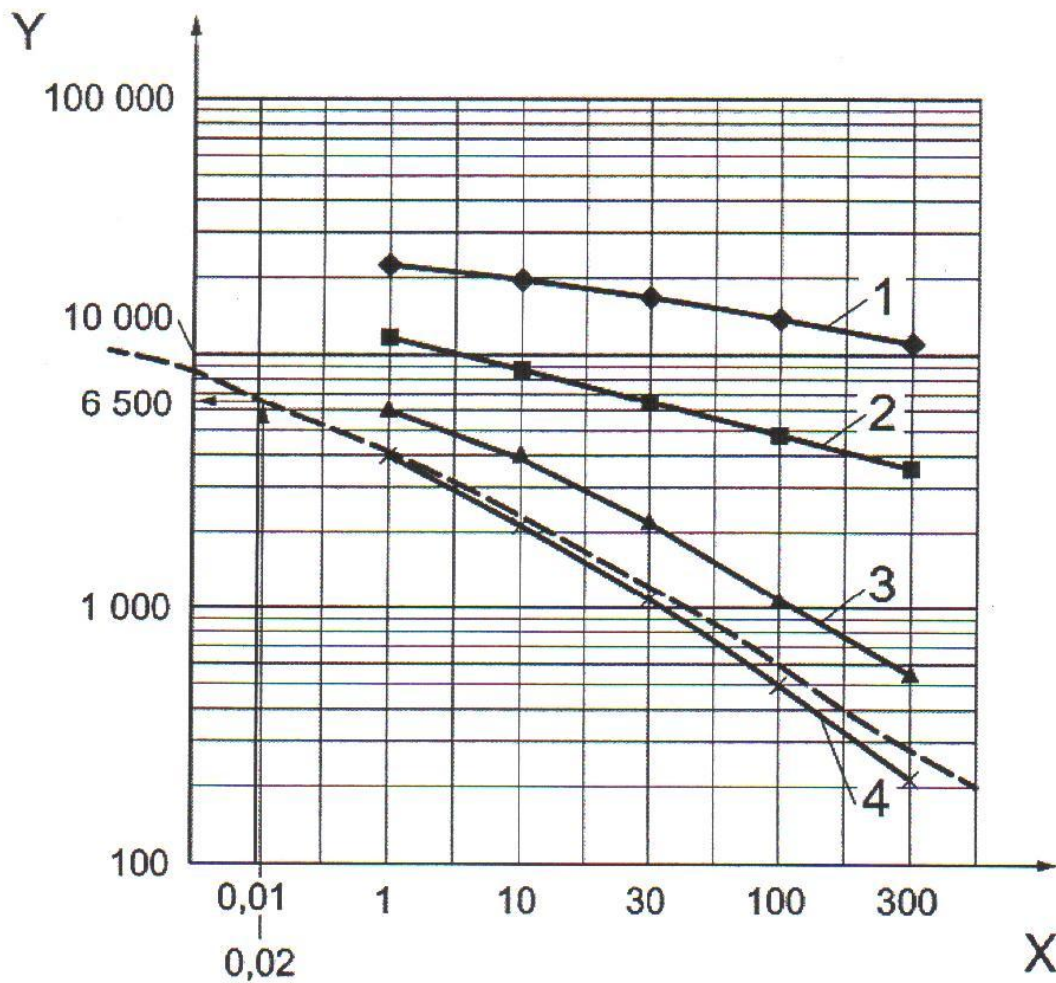
Y жорсткість, в МПа

X час завантаження, в с

Рисунок Е.3 - Визначення коефіцієнта зсуву

Е.6 Визначення модуля жорсткості для фіксованого часу навантаження

Модуль жорсткості для необхідного часу навантаження визначається по узагальнюючій кривій для необхідної температури (див. Рисунок Е.4).



Пояснення

Y жорсткість, в МПа

X час завантаження, в с

1 - 5° С

2 0° С

3 + 10° С

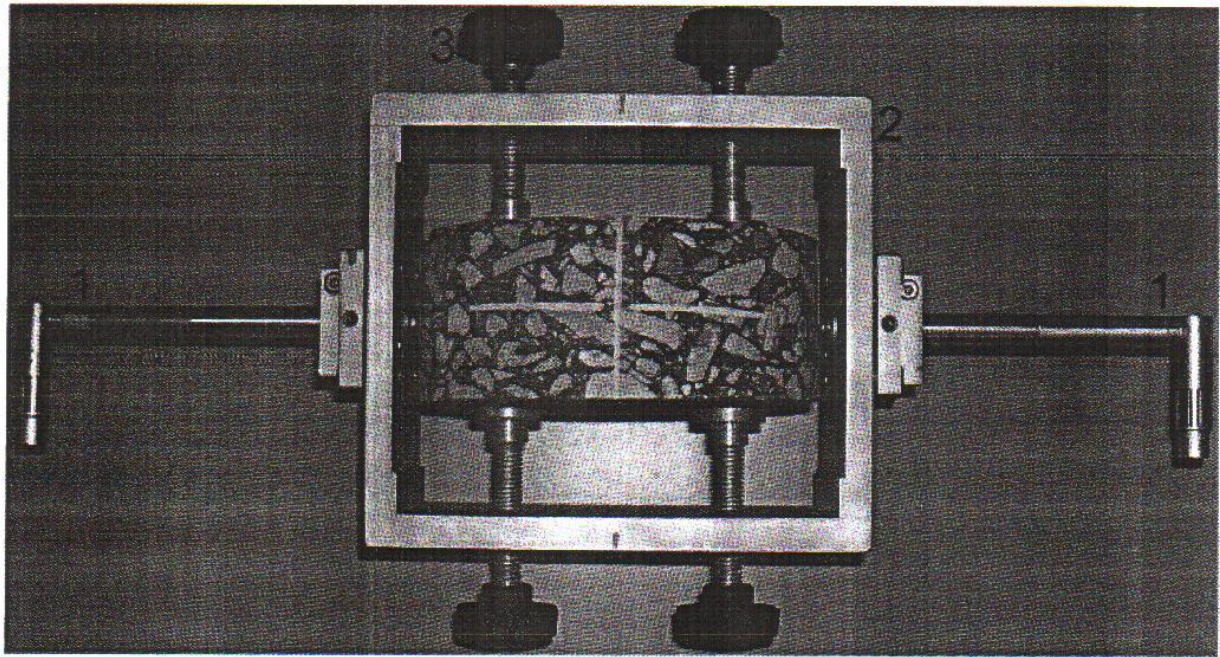
4 + 15° С

--- узагальнююча крива при + 15° С

Рисунок Е.4 - Приклад модуля жорсткості для часу навантаження 0,02 с та температури 15° С

вимірювання для перетворювачів зсуву повинен бути 4 мм (кожен змінний датчик 2,0 мм) з точністю 0,1 мкм. Клас точності перетворювачів зсуву (мінімум 0,3) та екстензометра (мінімум 0,2) відповідно повинен бути зазначений у звіті про випробування.

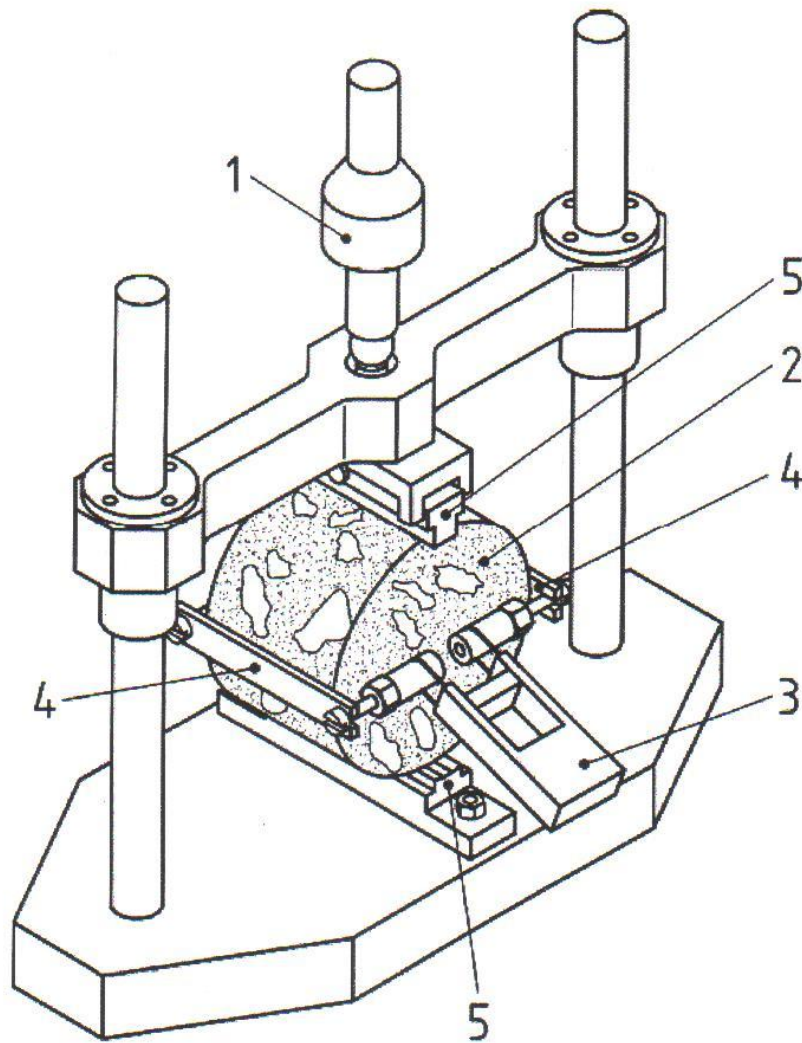
Крім того, деформацію вертикального зразка можна виміряти датчиками зсуву, щоб визначити відношення Пуассона та фазовий кут. Датчики зсуву повинні бути розміщені на верхній навантажувальній пластині. Будь-яке вимірювання на навантажувальному циліндрі або на навантажувальних майданчиках не допускається. Діапазон вимірювання для перетворювачів зсуву повинен бути не менше 7 мм з точністю, щонайменше, 1 мкм.



Пояснення

- 1 LVDT
- 2 рамка
- 3 шуруп для фіксації рамки до зразка

**Рисунок F.1 - Приклад вимірювання горизонтальної деформації -
рамки з LVDT**



Пояснення

- 1 поршень завантаження
- 2 зразок
- 3 екстензометр
- 4 згинальна пластина
- 5 навантажувальна пластина

**Рисунок F.2 - Приклад вимірювання горизонтальної деформації -
деформації з екстензометром**

F.2.4 Кліматична камера

Кліматична камера, в якій необхідна температура випробування може підтримуватися з точністю $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

ПРИМІТКА Рекомендується вибирати досить велику кліматичну камеру, щоб додаткові зразки могли бути акліматизовані під час випробувань.

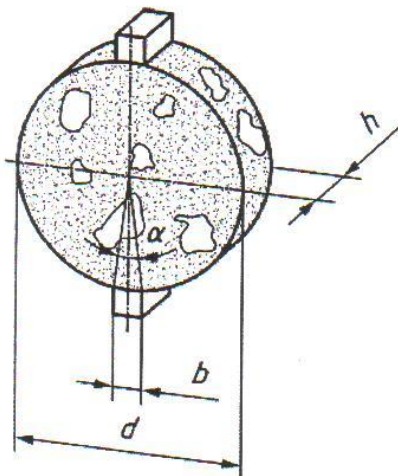
F.2.5 Фіксація та система вимірювання

Фіксуючі та вимірювальні пристрої для визначення навантаження на стиск і горизонтальні деформації, які повинні вимірювати принаймні 10 точок для кожного циклу навантаження. Навантаження та витіснення повинні вимірюватися та фіксуватися одночасно.

F.2.6 Навантаження пластин

Для випробувань необхідні навантажувальні пластини, виготовлені з загартованої сталі (рекомендована твердість по шкалі HRC Роквелла 56 - 58) з увігнутим сегментом. Радіус кривизни та ширину навантажувальних пластин b слід вибирати залежно від радіуса зразка. Розміри навантажувальних пластин наведені на рисунку F.3.

Верхня і нижня навантажувальні пластини повинні складати одну площину. Навантажувальні пластини повинні бути прикріплені до навантажувальної рами та навантажувального поршня без будь-яких шарнірів.



	Номінальний зразок $\varnothing$ 100 мм	Номінальний зразок $\varnothing$ 150 мм
Навантажувальна пластина	$r = (50 \pm 1,0)$ мм $b = (12,7 \pm 0,2)$ мм Довжини $> h + 20$ мм	$r = (75 \pm 1,0)$ мм $b = (19,1 \pm 0,2)$ мм Довжини $> h + 20$ мм

Рисунок F.3 - Розміри навантажувальних пластин

F.3. Приготування зразків

F.3.1 Випробувальний зразок

При кожній температурі випробувань випробовуватиметься 4 зразка. Додатковий зразок може знадобитися для оцінки необхідного стану навантаження.

Циліндричні зразки, що підлягають випробуванню, повинні бути отримані відповідно:

- випробувальний зразок, висвердлений з асфальтобетонної плити виготовленої в лабораторії, відповідно до EN 12697-33;
- випробовуваний зразок, висвердлений з керна, взятого з дороги, згідно з EN 12697-27.

Керни повинні бути взяті з покриття у вертикальному напрямку. Шари потрібно розділити розпилюванням, якщо kern що взятий з покриття складається з кількох шарів.

Розміри зразка повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці F.1. Будь-яке відхилення розмірів зразків слід уникати. Необхідно випробовувати тільки неушкоджені зразки.

F.3.2 Розміри зразка

Кожен зразок повинен утворювати номінальний циліндр. Обов'язкові розміри зразка вказані в таблиці F.1.

Таблиця F.1 - Розміри зразків

Максимальний розмір зерен, мм	Діаметр зразка мм	Висота зразка мм
≤ 16	100 ± 3	40 ± 2
Від 16 до <32	150 ± 3	60 ± 2
≥ 32	150 ± 3	90 ± 2

Висота та діаметр зразків вимірюються згідно з EN 12697-29. Відхилення від прямого кута має бути менше 3°. Бічна площа зразка повинна мати рівну поверхню.

F.4 Режим роботи

F.4.1 Температура випробувань

Як мінімум, слід обрати наступні 4 температурні випробування: -10° C, 0° C, 10° C і 20° C.

При необхідності більше температур випробувань можна вибрати між -10° C та 20° C. Температура випробування повинна бути в межах $\pm 0,5^\circ \text{C}$ заданої температури.

F.4.2 Установка зразка

Навантажувальні пластини слід протирати, використовуючи, при необхідності, розчинник.

Певний зразок поміщається між навантажувальними пластинами, так що обидві сторони зразка були номінально перпендикулярним до навантажувальній пластині. Покладіть верхню навантажувальну пластину на верхню частину зразка та розмістіть її так, щоб не було надмірного руху. Відрегулюйте систему для вимірювання горизонтальної деформації.

ПРИМІТКА Важливо, щоб при використанні ЛРДТ рама кріплення була рівномірно і щільно притиснута до зразка. Необхідно стежити за тим, щоб запобіжні затиски не були затиснуті занадто сильно. Уникнути цього можна, доклавши постійний крутний момент до кожного запобіжного затиску.

F.4.3 Процедура

F.4.3.1 Загальні положення

Зразок, як правило, піддається силовому контролю гармонійного синусоїдального навантаження без періодів відпочинку.

Таблиця F.2 показує спектр навантажень частот, а також кількість циклів навантаження, необхідних для багатоступеневих тестів.

Таблиця F.2 - Цикли навантаження, необхідні для багатоступеневих випробувань

Частота навантаження	Кількість циклів навантаження	Аналіз циклу навантаження
10 Гц	110	Від 98 до 102
5 Гц	100	Від 93 до 97
1 Гц	20	Від 13 до 17
0,1 Гц	10	Від 3 до 7

F.4.3.2 Частота навантаження

Випробування повинні проводитися при постійному навантаженні, при різних частотах навантаження в діапазоні від 0,1 Гц до 10 Гц, (переважно 60 Гц) для кожного зразка та температури випробувань.

F.4.3.3 Визначення нижчого рівня навантаження

Нижчий рівень напруги для випробування повинен становити 0,035 МПа.

F.4.3.4 Визначення верхнього рівня навантаження

Граничні значення верхньої рівня повинні визначатися таким чином, щоб вихідні горизонтальні деформації у центрі зразків, знаходились в діапазоні від 0,05‰ до 0,10‰. Для визначення верхньої межі навантаження для кожної температури випробувань може застосовуватися наступна процедура.

ПРИМІТКА Амплітуду напруги можна визначити, випробовуючи одиничний зразок з СІТТ в ході випробування силою розмивання. Кожна амплітуда напруги застосовується для обмеженої кількості циклів навантаження.

F.4.4 Перевірка зносу зразка

Вибираються умови випробування, для уникнення пошкодження зразка під час випробувань. Це можна перевірити, застосовуючи однакові

випробування відрізняються більш ніж на 15%, результати не повинні використовуватися. Випробування повторюється, використовуючи новий зразок. Проте, умови випробування повинні бути змінені (зниження рівня стресу).

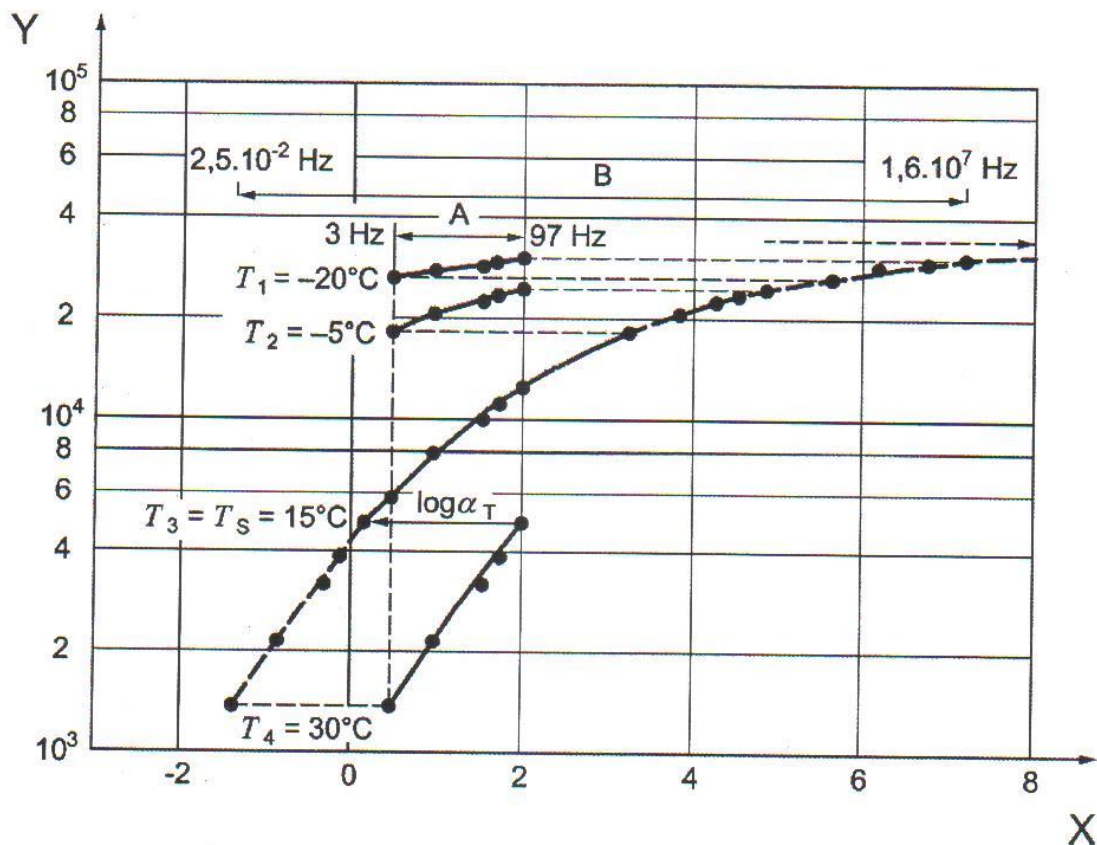
Принаймні три зразки повинні бути випробувані на кожній температурі.

ДОДАТОК G

(інформаційний)

Виведення узагальнюючої кривої**G.1 Принцип**

Модуль жорсткості бітумних сумішей слідує принципам накладення частотно-температурної температури. Це означає, що узагальнююча крива комплексного модуля може бути побудована для еталонної температури з експериментальних даних за обмежений діапазон частот і температур, за умови, що коефіцієнт зсуву використовується для обчислення опорної частоти.



Пояснення

- A Експериментальний діапазон
B Діапазон охоплений узагальнюючою кривою

Рисунок G.1 – Виведення узагальнюючої кривої

Метою узагальнюючої кривої є визначення модуля жорсткості при будь-якому довільному поєднанні частоти навантаження та температури випробувань. Для цього жорсткість повинна вимірюватися при різних частотах і температурах. Ці результати використовуються для визначення параметрів у рівнянні Арреніуса, яке часто використовується в даному випадку.

G.2 Теоретичні основи

Основною формою узагальнюючої кривої є:

$$\lg\left(\frac{f}{f_s}\right) = \lg(\alpha_T) = C \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s}\right) \quad (\text{G. 1})$$

з

$$C = \lg(e) \cdot \frac{\Delta H}{R} = \frac{\Delta H}{2,303 \cdot R} = \frac{b}{2,303} \quad (\text{G. 2})$$

де

C це експериментальна стала, в К;

T це фактична температура, в К;

T_s це довільна обрана еталонна температура, в К;

R це загальна газова константа = 83414 4 Дж / К / моль;

ΔH це енергія активації, кДж / моль;

α_T це коефіцієнт зрушення;

f це частота навантаження при температурі T , в Гц;

f_s це частота навантаження при температурі T_s в Гц.

Рівняння G.1 називається рівнянням Арреніуса. У літературі згадуються різні значення для C . Значення C залежить від енергії активації, яка залежить від характеристик бітуму та заповнювача. Значення C для конкретної асфальтобетонної суміші можна визначити за такою формулою:

$$\lg(S_{mix}) = \lg(\eta_0) + \frac{b}{T} \lg(e) - \lg(t) \quad (\text{G. 3})$$

де

S_{mix} це модуль жорсткості E як функція часу і температури навантаження, в МПа;

η_0 це динамічна в'язкість, у Па·с;

b це постійна, залежно від коефіцієнта зсуву α_T ;

t це час навантаження, в с;

T це температура випробування, у К.

Значення параметра b можна обчислити за допомогою модуля жорсткості при температурі T_x , який визначається шляхом зміщення модуля жорсткості, виміряного при температурі T_y у той же час навантаження (або частоти). Вимірювання модуля жорсткості $S_{\text{mix},A}$, визначеного під час завантаження t_1 і температури T_x , до модуля жорсткості $S_{\text{mix},B}$, визначеного в момент часу t_2 і температури T_y , призводить до:

$$\frac{b}{2,303} \left(\frac{1}{T_y} - \frac{1}{T_x} \right) = \lg(t_2) - \lg(t_1) = \lg\left(\frac{t_2}{t_1}\right) = \lg\left(\frac{f_1}{f_2}\right) \quad (\text{G. 4})$$

Журнал фактору зміщення (α_T) відповідає $\lg(f_1 / f_2)$.

Константу C тепер легко визначити. При будь-якому поєднанні часу та температури значення C буде іншим. З цієї причини C величина, яка повинна визначатися за допомогою комбінації низької температури та високої частоти навантаження, комбінації високої температури та низької частоти навантаження та комбінації середньої частоти та температури.

Після визначення значення C , жорсткість, температура та частота навантаження можуть бути зібрані у фіктивну температуру T_{fict} .

$$T_{\text{fict}} = \frac{1}{\frac{1}{T_a + 273} - \frac{\lg(f_{\text{char}}/f)}{C}} - 273 \quad (\text{G. 5})$$

де

T_{fict} це фіктивна температура асфальтобетону, при якій визначається жорсткість, в ° С;

T_a це фактична температура, в ° С;

f_{char} це характерна частота навантаження, яка використовується для визначення узагальнюючої кривої, в Гц;

f це частота навантаження, в Гц

Використовуючи лінійну регресію, можна визначити коефіцієнти рівняння (6) для вибраної частоти навантаження:

$$\ln(S_{\text{mix}}) = c_1 + c_2 \cdot T_{\text{fict}} + c_3 \cdot T_{\text{fict}}^2 + c_4 \cdot T_{\text{fict}}^3 \quad (\text{G.6})$$

G.3 Експериментальні дані

Для визначення узагальнюючої кривої жорсткості необхідно виконати частотний спектр початкового модуля (модуля жорсткості) при декількох температурних випробуваннях. Це випробування складається з вимірювань на рівні номінальних частот (наприклад, 1 Гц, 3 Гц, 5 Гц, 8 Гц, 10 Гц, 20 Гц, 30 Гц і 60 Гц, а потім знову на 1 Гц). Режим навантаження в попередньому випробуванні має постійне відхилення, яке є типовим для максимальної амплітуди деформації менше 50 мкм/м. На кожній частоті застосовується репрезентативна кількість повторень навантаження для точного вимірювання модуля жорсткості. Для низьких частот достатньо 50 повторень навантажень; на більш високих частотах застосовується 200 циклів навантаження. Щоб уникнути передчасного втомного пошкодження, загальна кількість прикладень для всіх частот разом не повинна перевищувати 3000. При низьких температурах ($\Theta \leq 10^\circ \text{C}$) короткий період відпочинку повинен становити близько 10 хвилин до фактичного випробування на витривалість.

Для виведення узагальнюючої кривої необхідно перевірити принаймні 3 зразка. В кожного зразку модуль жорсткості суміші вимірюється при 4 температурах і при кожній температурі на 10 частотах. Різниця між різними

температурами має становити принаймні 10°C . Комбінація частоти та температури повинна бути вибрана таким чином, щоб отримані модулі жорсткості при різних температурах перекривалися.

ПРИМІТКА Типові температури випробувань -15°C , 0°C , 15°C і 30°C , а типові частоти навантаження - 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 8; 10; 20; 30 і 50 Гц.

Для АС 16 основа 40/60 наступні параметри, припускаючи, що $T_s = 20^{\circ}\text{C}$ та $f_{\text{char}} = 8\text{ Гц}$:

- $C = 9175\text{ К}$;
- $c_1 = 10,13953326$;
- $c_2 = -0,02340344$;
- $c_3 = -0,00100816$;
- $c_4 = 0,00000055$.

G.4 Протокол випробувань

Протокол випробувань містить таку інформацію:

- характеристики суміші;
- умови навантаження (тип випробувань, температурні випробування та частоти);
- числові значення параметрів, включаючи графічні уявлення;
- діапазон температур або частот, охоплений узагальнюючою кривою;
- посилання на цей стандарт.

Код згідно з ДК 004: 93.080

Ключові слова: жорсткість, комплексний модуль, модуль зсуву, навантаження, узагальнююча крива.

Заступник директора
ДП «ДерждорНДІ»



М. Сом

Науковий керівник,
завідувач відділу
нежорстких дорожніх одягів



В. Гончаренко

Відповідальний виконавець,
молодший науковий співробітник



О. Клименко