

Гончаренко В.В., к.т.н., Гончаренко В.І., к.т.н., Лобарева Ю.В., студентка

АДІ ДонНТУ, м. Горлівка

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ В'ЯЖУЧОГО НА УТОМЛЕНІСНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Наведено результати експериментальних досліджень впливу властивостей в'язучого на утомленісну довговічність дорожнього асфальтобетону. Показано, що при виборі в'язкості бітуму необхідно враховувати температурні умови роботи дорожнього покриття, а оптимальна кількість бітуму встановлюється залежно від структурних особливостей асфальтобетону в цілому.

Постановка проблеми

Вплив потоку автомобільного транспорту на покриття впродовж усього строку служби є одним із важливіших експлуатаційних факторів. Внаслідок руху автомобілів покриття підлягає багаторазовим циклічним навантаженням, які призводять до розвитку в матеріалі покриття явищ утомлюваності, які характерні для всіх матеріалів, що використовуються під час будівництва конструктивних шарів дорожнього одягу. В результаті знижується опір шарів зовнішнім навантаженням, виникають макроскопічні тріщини, збільшується водопроникність шарів і, як наслідок, знижується довговічність та зменшується строк служби дорожнього покриття. У зв'язку з тим, що властивості асфальтобетону визначаються, насамперед, властивостями в'язучого, актуальним стає питання визначення залежності утомленісної міцності асфальтобетону від властивостей бітуму.

Вивчення впливу властивостей бітуму на утомленісну довговічність асфальтобетону розглядалось в роботах [1 - 4] та ін. Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що для різних бітумно-мінеральних сумішей існує наступна залежність довготривалої довговічності матеріалу [3].

$$N = \left(\frac{\varepsilon^{\max}}{\varepsilon} \right)^n, \quad (1)$$

де N – кількість циклів навантаження до руйнування матеріалу;

ε – максимальна амплітуда відносної деформації зразка при кожному циклі “навантаження – розвантаження”;

ε^{\max} – максимальна відносна деформація зразка від навантаження, однократне прикладання якої викликає руйнування матеріалу;

n – константа для даного матеріалу.

До того ж на основі експериментальних досліджень було встановлено, що показник ступеня n в залежності 1 визначається типом та властивостями в'язучого, а деформації, що виникають при розтягненні та стиску зразка асфальтобетону, залежать, насамперед, від кількості в'язучого в суміші.

Метою роботи являється встановлення залежності утомленісної довговічності дорожнього асфальтобетону від властивостей в'язучого та його змісту в асфальтобетонній суміші.

Вплив в'язкості бітуму на втомлену міцність асфальтобетону досліджували на дрібнозернистому асфальтобетоні, приготовленому на бітумах з в'язкістю 50, 70, 100, 200 град. шкали пенетрометра, що відповідало бітумам марок БНД 40/60; БНД 60/90; БНД 90/130; БНД 130/200. Мінералогічний склад асфальтобетону був постійним. Зміст бітуму для всіх

випробуваних сумішей становив 8%. Вихідним був обраний нафтовий дорожній бітум в'язкістю 50 град. шкали пенетрометра.

Випробування проводилися як при позитивній так і при негативній температурах в інтервалі від +20 до -15°C. На рисунку 1 наведено результати випробувань зразків асфальтобетону при температурі +20°C. В області позитивних температур максимальне значення втомленої міцності перебуває у зразках асфальтобетону, виготовлених на бітумі з в'язкістю 50 град. Зразки, виготовлені на менш в'язких бітумах, мають менше значення втомленої міцності. Найменше значення втомленої міцності при цій же температурі у зразках на бітумі з в'язкістю 200 град.

Випробування показали, що втомлена міцність асфальтобетону, виготовленого на бітумах різної в'язкості, змінюється залежно від температури. На рисунку 2 наведено результати втомлених випробувань асфальтобетону при температурі -10°C. Втомлена міцність зразків зі зниженням температури збільшується у даному випадку. Максимальне значення втомленої міцності перебуває у зразках, виготовлених на бітумах з в'язкістю 70 і 100 град шкали пенетрометра. Випробування показали, що при негативній температурі - 10°C міцність зразків при однократному прикладанні навантаження для всіх типів суміші приблизно однакове й коливається в межах від 6 до 7 МПа.

В роботі [5] процес утомленісного руйнування асфальтобетону надано як результат дії двох механізмів: накопичення пластичних мікродеформацій та розповсюдження дефектів структури у вигляді тріщин. В залежності від температури може переважати один з цих механізмів.

При вивченні залежності утомленісної довговічності асфальтобетону від температури випробувань та в'язкості бітуму було встановлено, що для асфальтобетонів на бітумах марки БНД 40/60 максимальне значення утомленісної довговічності знаходиться в інтервалі між 0°C та мінус 10°C (рис. 3). Зі зменшенням в'язкості бітуму максимум утомленісної довговічності зміщується в область негативних температур. Це свідчить про вирішальну роль в'язучого при визначенні утомленісної довговічності асфальтобетону залежно від температури. На залежностях, наведених на рис. 3, можна виділити три характерних ділянки: зріст утомленісної довговічності асфальтобетону за рахунок того, що матеріал знаходиться у пружно-в'язкому стані; максимум на кривих залежності, що відповідає переходу в'язучого з пружно-в'язкого у пружно-крихкий стан та утворенню дефектів структури асфальтобетону та різке зниження утомленісної довговічності асфальтобетону, що відповідає переходу в'язучого у склоподібний стан та інтенсивному розповсюдженню дефектів структури у вигляді тріщин.

В роботі [3] було встановлено, що існує такий зміст бітуму в бітумо-мінеральному матеріалі, якому відповідає найбільша утомленісна довговічність цього матеріалу. До того ж цей зміст бітуму, що відповідає найбільшій утомленісній довговічності, перебільшує ту кількість бітуму, якому відповідає максимальний модуль пружності цього матеріалу. Також за резуль-

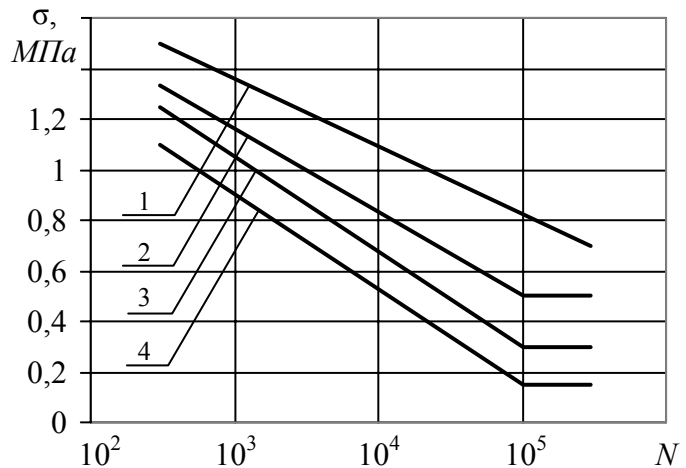


Рис. 1. Залежність кількості циклів навантаження до руйнування від рівня напруги в асфальтобетоні на бітумах різної в'язкості при температурі +20°C: 1 – БНД 40/60; 2 – БНД 60/90; 3 – БНД 90/130; 4 – БНД 130/200

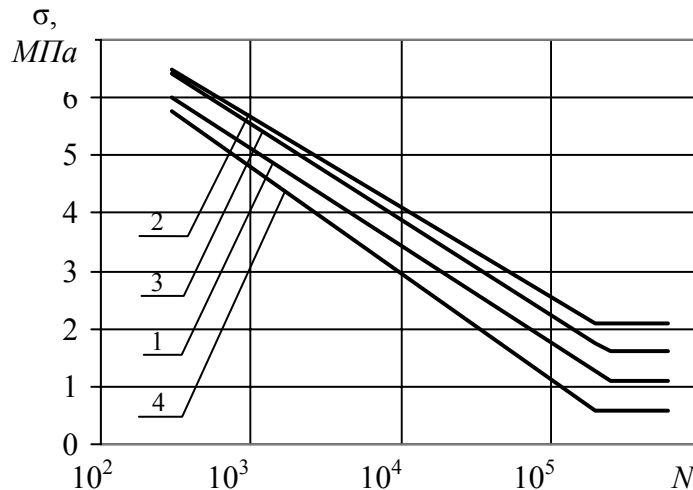


Рис. 2. Залежність кількості циклів навантаження до руйнування від рівня напруги в асфальтобетоні на бітумах різної в'язкості при температурі -10°C :
1 – БНД 40/60; 2 - БНД 60/90; 3 – БНД 90/130; 4 – БНД – 130/200

татами експериментальних досліджень було побудовано криву утомленісної міцності бітумо-мінерального матеріалу при різному змісті бітуму (рис. 4) [3].

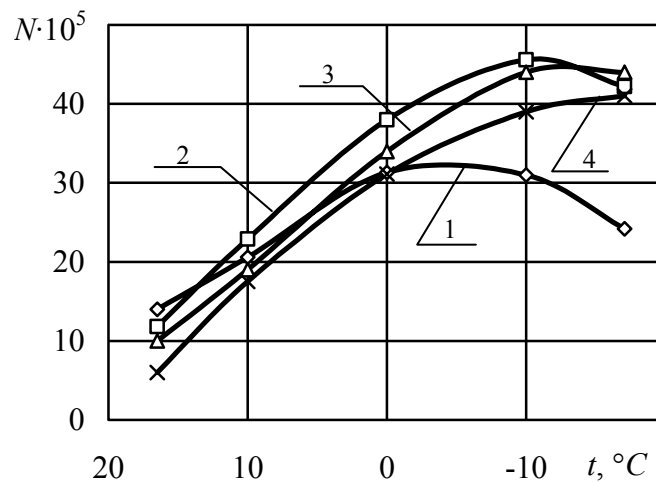


Рис. 3. Залежність кількості циклів навантаження до руйнування асфальтобетону від температури на бітумах різної в'язкості: 1 – БНД 40/60; 2 - БНД 60/90; 3 – БНД 90/130; 4 – БНД – 130/200

Дослідження впливу змісту в'язучого на утомленісну міцність асфальтобетону проводилися на дрібнозернистому асфальтобетоні зі змістом бітуму від 6 до 9 % з інтервалом через 0,5 %, а також на крупнозернистому асфальтобетоні зі змістом бітуму по масі від 4,5 до 6,5 %. Мінералогічний склад асфальтобетонної суміші був постійним. У якості в'язучого був прийнятий бітум з в'язкістю 50 град. шкали пенетрометру.

Результати утомленісних випробувань зразків дрібнозернистого асфальтобетону при різних температурах залежно від концентрації вмісту бітуму наведено на рис. 5.

Максимальне значення утомленісної довговічності залежить від температури випробувань. Результати випробувань показали, що для досягнення максимальної втомленої довговічності дрібнозернистого асфальтобетону, що працює в умовах змінних температур, оптимальна кількість бітуму повинна бути збільшена до 7 – 8%. Ці дані відповідають результатам експериментальних досліджень, наведених у роботі [3], де кількість бітуму, що відповідає максимальній утомленісній довговічності, складає 7 – 9 % (рис. 4).

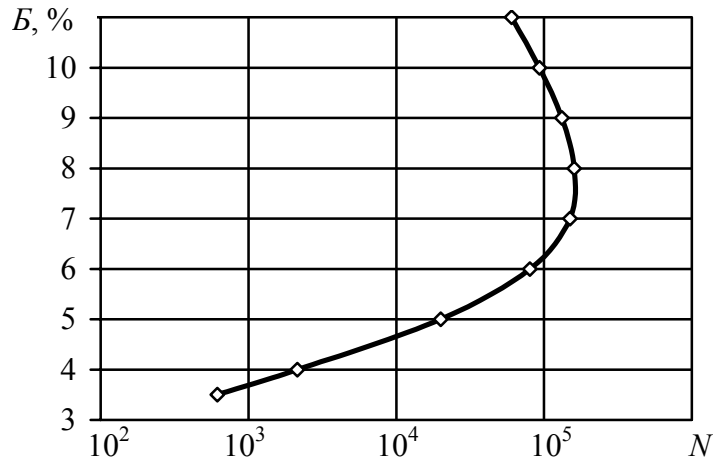


Рис. 4. Крива утомленісної міцності бітумно-мінерального матеріалу в залежності від змісту бітуму

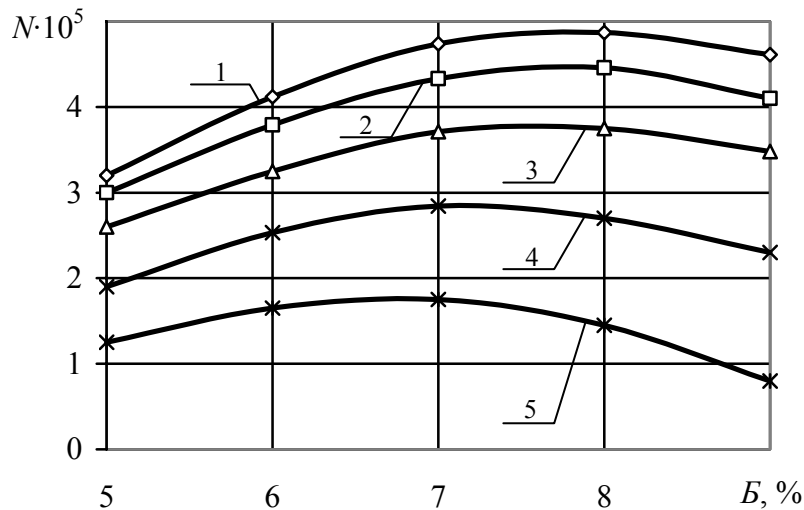


Рис. 5. Залежність кількості циклів навантаження до руйнування дрібнозернистого асфальтобетону від кількості бітуму в ньому при температурі:
1 — -15°C ; 2 — -10°C ; 3 — -5°C ; 4 — 0°C ; 5 — $+10^{\circ}\text{C}$

Зміст бітуму вище або нижче зазначеної межі знижує втомлену міцність, у першому випадку завдяки підвищенню пластичності матеріалу при позитивній температурі, а у другому - завдяки підвищенню крихкості при негативній температурі.

Однак, для отримання оптимальної, з точки зору утомленісної довговічності, кількості бітуму, необхідно мати експериментальні данні з урахуванням структурних особливостей асфальтобетону, типу суміші та зернистості мінеральної складової.

Важливо також відмітити, що при відхиленні змісту бітуму в асфальтобетоні всього на 0,5 % від оптимального, утомленісна довговічність асфальтобетону знижується в 1,5 рази. Таким чином, руйнування дорожнього покриття відбудеться не через 18 років, як нормується, а через 12 років [2].

Аналогічні випробування були проведені на дрібнозернистих і крупнозернистих асфальтобетонних сумішах всіх типів.

На рис. 6 наведено результати проведених випробувань. Випробування показали, що при температурі $+10^{\circ}\text{C}$ оптимальна кількість бітуму для крупнозернистого асфальтобетону типу А (крива 1 рис. 6) становить 5,2-5,4 %, для крупнозернистого типу Б (крива 2 рис. 6) оптимальна кількість бітуму становить 5,5-5,7 % і, нарешті, для крупнозернистого асфальтобетону типу В оптимальна кількість бітуму становить 6%.

Приблизно така ж залежність спостерігається й у дрібнозернистому асфальтобетоні, (рис. 6) однак максимальне значення втомленої міцності піщаного асфальтобетону в області позитивних температур трохи нижче, ніж у крупнозернистого.

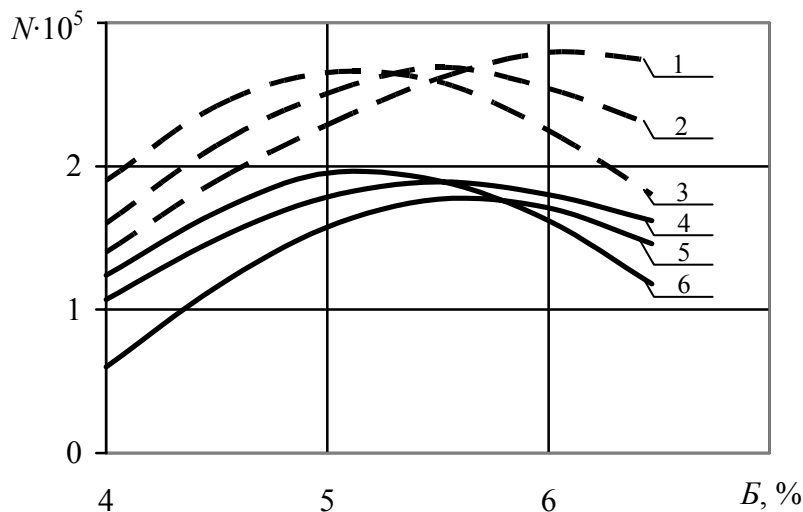


Рис. 6. Залежність кількості циклів навантаження N до руйнування крупно- та дрібнозернистого асфальтобетону від кількості бітуму B в асфальтобетоні при температурі $+10^\circ\text{C}$:

- 1 – крупнозернистий типу А; 2 – теж саме типу В; 3 – теж саме типу В;
4 – дрібнозернистий типу А; 5 – теж саме типу В; 6 – теж саме типу В

Отримані залежності зміни утомленісної довговічності асфальтобетону від змісту бітуму підтверджує припущення про те, що суміші, які містять велику кількість мінеральної складової, мають велику кількість дефектів структури у вигляді тріщин, раковин, порожнеч, що, у свою чергу, є концентраторами додаткових напруг і, як наслідок, знижують утомленісну довговічність асфальтобетону.

Висновок

В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що утомленісна довговічність асфальтобетону в значній мірі залежить від властивостей бітуму та його масового змісту. При виборі в'язкості бітуму необхідно враховувати умови роботи дорожнього покриття при негативних зимових та позитивних літніх температурах. Оптимальна кількість бітуму, з точки зору утомленісної довговічності асфальтобетону, повинна бути збільшена до 7-8% і залежить від структурних особливостей асфальтобетону в цілому.

Список літератури

1. Гофман Л.М. Влияние вязкости битумов на физико-механические свойства асфальтобетона // Исследование органических вяжущих материалов и битумо-минеральных смесей для дорожного строительства: Труды СоюзДорНИИ. – 1969. – Вып. 34. – С. 20 – 30.
2. Руденький А.В., Калашникова Т.Н. Исследование усталости асфальтобетона // Дорожно-строительные материалы / Труды ГипроДорНИИ. – 1973. – Вып. 7. – С. 3 – 14.
3. Радовский Б.С., Щербаков А.М. Влияние содержания вяжущего на выносливость битумно-минерального слоя при изгибе // Строительство и эксплуатация дорог и мостов. Вып. III. – К.: Будівельник, 1974. – С. 56 – 60.
4. Радовский Б.С., Руденький А.В. Влияние характеристик структуры материалов на их усталостную и длительную прочность // Повышение качества асфальтобетона / Труды СоюзДорНИИ. – 1975. – Вып. 79. – С. 43 – 48.
5. Abdulshafi A.A., Majidzadeh Kamran. J-integral and cyclic plasticity approach to fatigue and fracture of asphaltic mixtures // Transp. Res. Rec. – 1985. - № 1034. – P. 112 – 123.

Стаття надійшла до редакції 13.03.06

© Гончаренко В.В., Гончаренко В.І., Лобарева Ю.В., 2006