

УДК 691.168

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ  
МОРОЗОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ПРИ  
ПІДВИЩЕННІ ПРОЦЕНТНОГО СКЛАДУ ПОЛІМЕРУ**

**DEFINITION OF CHANGES IN THE FROST RESISTANCE  
INDEX IN CASE OF INCREASING OF PERCENTAGE OF  
POLYMER OF ASPHALT CONCRETE**

**Ільїн Я. В., м.н.с. (Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків)**

**Ilyin Ya.V., Junior Researcher (Kharkiv national automobile and highway university, Kharkiv)**

Експериментально визначено різницю в модулях пружності, міцності при вигині та часі життєвого циклу асфальтобетону без полімеру, з трьома та шістьма відсотками СБС 1192. Встановлене якісне збільшення наведених показників із ростом кількості полімеру.

It is known that during a year asphalt concrete exposed to the freezing-thawing process. Today, the problem of cyclic freezing-thawing of asphalt concrete is relevant. A lot of attempts are made in the whole world to find a single rheological model for describing low-temperature behavior of asphalt concrete. It was necessary to define influence of cycle freeze-thaw on the strength indicators of asphalt concrete with the different percentage of styrene-butadiene-styrene polymer type SBS 1192. An asphalt concrete of type "G" (by the Ukrainian classification) with an optimum granulometric composition, which corresponds to the mid limit of the norms for the State Standard B.V.2.7-119: 2011 was selected for the experiments. Fractions from 2.5-5 mm to 1.25-0.63 mm were sown and used at the required percentage content for accurate entry into the norm. The bitumen grade BND 60/90 and BMP based on three percent and six percent polymer of bitumen were used. During the year, in Ukraine (for example, the Kharkiv region), there are about 50 transitions through 0 ° C. Therefore, it is advisable to determine how much it will affect the estimated pavement - modulus asphalt concrete. It

was calculated frost resistance index of asphalt concretes with the different percentage of polymer (three and six percents). It was taken asphalt concrete on the bitumen without polymer as a control sample. Asphalt concrete was subjected to the tests of dynamic elastic modulus, flexural strength (maximum destructive load), serving time under the static load, which was equal to the twenty percents of its destructive load. Indicator of life cycle of samples under the action of constant loading well illustrates the limits of endurance of asphalt concrete. The method of determining the frost resistance in terms of lifetime of asphalt concrete is an alternative to determining the compressive strength. As a result it was obtained frost resistance indexes in several ways. To sum up, it is recommended to use six percents of polymer to reach maximum frost resistance and increase basic strength parameters.

Ключові слова: асфальтобетон, полімер, модуль пружності, міцність при вигині, морозостійкість

Keywords: asphalt concrete, polymer, elastic modulus, flexural strength, frost resistance

В експериментальних умовах дорожнє покриття піддається дії поперемінного заморожування та відтавання [1]. Вперше стандартизований метод визначення морозостійкості матеріалу був розроблений М.А. Белелюбським у 1886 році. Він характеризувався кількістю циклів заморожування-відтавання (ЦЗВ) зразків при нормованих умовах дослідження [2]. Існує два основних типи методів дослідження матеріалів: руйнівні та неруйнівні. У світі широко визнано неруйнівні методи контролю якості матеріалів.

Сьогодні проблема ЦЗВ асфальтобетону є актуальною. Багато науковців у різних країнах, таких як Китай, Туреччина, Україна, Словаччина, США, Канада, РФ, займаються цією проблемою. Вони вивчають вплив різних факторів, у тому числі дії знакозмінних температур на асфальтобетон, насичений водою та водними розчинами хлоридів [3-8]. Приймаються спроби знайти єдину реологічну модель для опису низкотемпературної поведінки асфальтобетонів. Розроблено декілька методів визначення морозостійкості асфальтобетону, до них відносяться: AASHTO T283 (Refine AASHTO T283 Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage for Superpave) та COY 42.1-37641918-

110:2014 (Асфальтобетон дорожній, метод визначення показника морозостійкості).

Умови виготовлення асфальтобетону впливають на розрахункові характеристики асфальтобетону [11]. Наприклад, недостатнє ущільнення дає збільшену кількість пор, що, у свою чергу, зменшує модуль пружності асфальтобетону, тому що модуль пружності повітря значно нижче модулю пружності асфальтобетону, та відкриває більше можливостей до зниження розрахункових характеристик асфальтобетону після дії ЦЗВ. Додавання полімеру до бітуму змінює його характеристики, такі як в'язкість, надає еластичність, модуль мружності, що також впливає на характеристики асфальтобетону на основі бітумополімера.

Впливи різних середовищ і схем дії поперемінного заморожування та відтавання досліджуються у всьому світі. Відносно мало досліджень пов'язані з визначенням впливу концентрації полімеру на морозостійкість асфальтобетону, наприклад, робота [9] чи [10]. Здебільшого, визначають тріщиностійкість асфальтобетону, що призводить до фактичного його руйнування. Досліджень асфальтобетону неруйнівним способом одного й того самого зразка до та після дії циклічного заморожування-відтавання (ЦЗВ) взагалі немає.

Для експериментів було обрано асфальтобетон типу «Г» з оптимальним гранулометричним складом, що відповідає середині границь норм за ДСТУ Б.В.2.7-119:2011. Для точного потрапляння у норми, фракції від 2,5-5 мм до 1,25-0,63 мм були висіяні та використані за необхідним процентним вмістом. Для досліджень було взято бітум марки БНД 60/90 та БМП на його основі з 3 % та 6 % полімеру від об'єму бітуму.

Впродовж року в Україні (на прикладі Харківської області) спостерігається близько 50 переходів через 0 °С. Через це доцільно визначити, як сильно це вплине на розрахунковий показник дорожнього одягу – модуль пружності асфальтобетону. Відповідно до цього кількість ЦЗВ, прийнято рівним 50. До та після 50 ЦЗВ було проведено визначення модуля пружності асфальтобетонних зразків. Дані випробувань наведено в таблиці 1. Для порівняння аналізувалися показники морозостійкості асфальтобетону на бітумі без додавання полімеру та з 3% і 6% полімеру.

Згідно з отриманими показниками коефіцієнта морозостійкості

( $K_{MP3}$ ), підвищення вмісту полімеру сприяє росту морозостійкості асфальтобетону. Порівнюючи отримані значення  $K_{MP3}$  з морозостійкістю асфальтобетону на чистому бітумі, можна відстежити тенденцію підвищення морозостійкості зі збільшенням концентрації полімеру: для асфальтобетонів без полімеру  $K_{MP3}$  складав від 0,73 до 0,97, для 3 % полімеру – від 0,80 до 0,98 та для 6 % - від 0,93 до 1,00.

Таблиця 1

Коефіцієнти морозостійкості асфальтобетону, за модулями пружності, на чистому бітумі, з 3 та 6 % СБС 1192 до та після 50 ЦЗВ

T, °C	Частота, Гц	Асфальтобетон на чистому бітумі, $K_{MP3}$	Асфальтобетон на бітумі з 3 % полімеру, $K_{MP3}$	Асфальтобетон на бітумі з 6 % полімеру, $K_{MP3}$
<b>+20</b>	0,01	0,73	0,80	0,93
	0,5	0,87	0,86	0,97
	10	0,97	0,88	0,97
<b>+10</b>	0,01	0,76	0,83	0,94
	0,5	0,87	0,87	0,98
	10	0,88	0,89	0,98
<b>0</b>	0,01	0,82	0,89	0,98
	0,5	0,80	0,92	1,00
	10	0,92	0,94	0,99
<b>-10</b>	0,01	0,81	0,97	0,99
	0,5	0,96	0,98	0,99
	10	0,86	0,98	1,00

Це може бути пояснено тим, що ступінь еластичності в'язучого зростає зі збільшенням кількості полімеру, що в свою чергу впливає на асфальтобетон, морозостійкість якого підвищується. Подальше підвищення концентрації полімеру після 6% навряд чи збільшить морозостійкість асфальтобетону більше 1,00, тому нема причин

збільшувати витрати на виробництво суміші.

Були також проведені дослідження впливу ЦЗВ на зміну міцності при вигині та строку служби асфальтобетону під дією постійного навантаження, що дорівнює 20% від руйнівного. Це – руйнівний метод оцінки морозостійкості, проте він досить точний. Довготривалі випробування під дією статичного навантаження показують час настання втомної міцності асфальтобетону та допомагають оцінити час безпечної для покриття стоянки важкого автотранспорту на, наприклад, світлофорах. Міцнісні дані наведено у таблиці 2.

Показник життєвого циклу зразків під дією постійного навантаження добре ілюструє межі витривалості асфальтобетону. Метод визначення морозостійкості за показником життєвого циклу асфальтобетону є альтернативним до визначення міцності при стиску. Це відношення і дає уяву про ступінь морозостійкості. Тому й потрібно більше часу для проведення дослідження. Для визначення руйнівної дії переходів через 0°C та взагалі морозостійкості асфальтобетонів із різним вмістом полімеру, порівнювалися показники часу «життя» зразків асфальтобетону без полімеру, з 3% та 6% СБС 1192 до та після дії ЦЗВ. Результати випробувань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники міцності при вигині та час життєвого циклу асфальтобетону без полімеру з 3 і 6% полімеру до та після 50 ЦЗВ

Показник	На чистому бітумі без полімеру	3 3 % полімеру СБС 1192	3 6 % полімеру СБС 1192
Міцність при вигині до 50 ЦЗВ, МПа	3,31	3,33	3,40
Міцність при вигині після 50 ЦЗВ, МПа	2,05	2,23	2,61
$K_{MP3}$	0,62	0,67	0,77
Час «життя» асфальтобетону до 50 ЦЗВ, с	15303	6443	47520
Час «життя» асфальтобетону після 50 ЦЗВ, с	31816	13894	36166
$K_{MP3}$	0,42	0,44	0,76

Порівнюючи коефіцієнти морозостійкості після випробувань на вигин та строку служби під дією 20% від руйнуючого навантаження, можна помітити, що коефіцієнт морозостійкості майже не змінився у зразків з 6 відсотками полімеру.

У результаті, можна зробити висновок про позитивний вплив росту кількості полімеру на морозостійкість асфальтобетону. Оптимально додавати 6 відсотків полімеру, тому що коефіцієнт морозостійкості є максимальним кожний раз у асфальтобетонах з такою кількістю полімеру. 6 відсотків полімеру надасть доброї морозостійкості та підвищить вихідні міцнісні показники асфальтобетону.

1. Ильин А.Г. Исследование влияния некоторых особенностей структуры дорожного цементобетона на его усталость [Текст]: диссертация канд. тех. наук: 05.23.05/ А.Г. Ильин. Харьков, – 1965. – 168 с.
2. Москвин З. М. О расчетах морозостойкости бетона [Электронный ресурс: [http://www.alobuild.ru/betony/beton\\_i\\_zhelezobeton\\_1986/o-raschetah-morozostoykosti.php](http://www.alobuild.ru/betony/beton_i_zhelezobeton_1986/o-raschetah-morozostoykosti.php)] / З. М. Москвин // Бетон и железобетон. Избранные статьи. – 1986.
3. Single rheological model to describe low temperature behaviour of asphalt mixtures assessed in different laboratory test methods / Stephan Büchler, Michael Wistuba // 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th June 2012, Istanbul, – O5EE-271A.
4. Si W. Impact of freeze-thaw cycles on compressive characteristics of asphalt mixture in cold regions / Si, W., Li, N., Ma, B. et al. // J. Wuhan Univ. Technol.-Mat. Sci. Edit. 2015, Volume 30, Issue 4, pp 703–709.
5. Impact of Freeze-Thaw Cycles on Mechanical Properties of Asphalt Mixes / Mohab El-Haki, Susan Tighe // Canada Transportation Research Record: Journal of the Transport. Research Board Dec 2014, Vol.2444, pp.20-27.
6. Si W. Impact of freeze-thaw cycles on compressive characteristics of asphalt mixture in cold regions / Wei Si, Ning Li, Biao Ma, Junping Ren, Hainian Wang, Jian Hu // Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. – 2015, – Volume 30, –Issue 4. – pp 703–709.
7. Чуракина О.Е. Влияние отрицательных температур на устойчивость структуры асфальтобетона [Текст]: диссертация канд. тех. наук: 05.23.05/ О.Е. Чуракина. М. – 1990. – 154 с.
8. Головки В.А. Исследование водо- и морозостойкости горячих и тёплых асфальтобетонов [Текст]: диссертация канд. тех. наук: 05.23.05/ В.А. Головки. Х. – 1978. – 248 с.
9. Хафизов Э. Р. Асфальтобетон на битум-полимерных вяжущих [Текст]: диссертация канд. тех. наук: 05.23.05// Э. Р. Хафизов. – Казань, 2003. – 183 с.
10. Галдина В.Д. Влияние полимерных добавок на свойства битума и асфальтобетона // В.Д. Галдина /Вестник СибАДИ. – Выпуск 2 (12). – 2009. – С. 32-36.