

УДК 625.8

**Жданюк В.К.**, д-р техн. наук, **Циркунова К.В.**, канд. техн. наук.

### **ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМОПЛАСТУ «SUPERPLAST» НА ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ**

**Анотація.** У статті розглянуто питання підвищення якості гарячих асфальтобетонів різних типів та видів за рахунок використання добавки «Superplast». Оцінку якості асфальтобетонів виконано за показниками фізико-механічних властивостей, що визначалися стандартизованими методами, діючими на сьогоднішній день в Україні. В ході досліджень оцінено властивості асфальтобетонів як з добавкою, так і без неї. Також досліджено вплив різних марок нафтового дорожнього бітуму на фізико-механічні властивості асфальтобетонів.

Об'єкт дослідження — гарячі асфальтобетонні суміші.

Мета роботи — порівняльні дослідження впливу добавки «Superplast» на властивості асфальтобетонів різних типів та видів.

Методи дослідження — аналітико-експериментальні.

**Ключові слова:** дорожній одяг, модифікація, бітум, термопласт, щебенево-мастиковий асфальтобетон, дрібнозернистий асфальтобетон, фізико-механічні властивості.

UDC 625.8

**Zhdanyuk V.K.**, Dr. Tech. Sci., **Tsyrukunova K.V.**, Ph.D.

### **COMPARATIVE RESEARCH OF THERMOPLASTIC POLYMER “SUPERPLAST” INFLUENCE ON ASPHALT CONCRETE PROPERTIES**

**Abstract.** The paper deals with issue of improvement of hot asphalt concretes of different types by means of additive “Superplast” application. The quality of asphalt concretes was estimated by physical and mechanical properties determined using current standardized test methods valid in Ukraine. The properties of asphalt concretes with and without the additive have been determined. The influence of different road petroleum bitumen grades on physical and mechanical properties of asphalt concretes has also been evaluated.

The object of study — hot asphalt concrete mixes.

Purpose — comparative research of additive “Superplast” influence on properties of asphalt concretes of different types.

Research methods — analytical and experimental.

**Key words:** pavement, modification, bitumen, thermoplastic polymer, stone mastic asphalt concrete, fine-grained asphalt concrete, physical and mechanical properties.

УДК 625.8

**Жданюк В.К.**, д-р техн. наук, **Циркунова Е.В.**, канд. техн. наук.

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОПЛАСТА «SUPERPLAST» НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ**

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос повышения качества горячих асфальтобетонов разных типов и видов за счет использования добавки «Superplast». Оценку качества асфальтобетонов выполнено по показателям физико-механических свойств, которые определялись стандартизованными методами, действующими на сегодняшний день в Украине. В ходе исследований оценено свойства асфальтобетонов как с добавкой, так и без нее. Также исследовано влияние разных марок нефтяного дорожного битума на физико-механические свойства асфальтобетонов.

Объект исследования — горячие асфальтобетонные смеси.

Цель работы — сравнительные исследования влияния добавки «Superplast» на свойства асфальтобетонов разных типов и видов.

Методы исследования — аналитико-экспериментальные.

**Ключевые слова:** дорожная одежда, модификация, битум, термопласт, щебеночно-мастичный асфальтобетон, мелкозернистый асфальтобетон, физико-механические свойства.

## **Вступ**

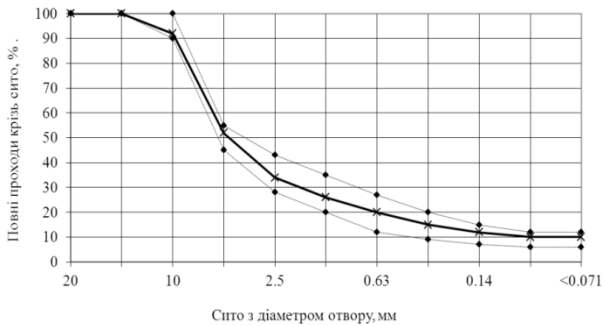
Підвищення якості асфальтобетонів сприяє збільшенню строків їх служби в шарах дорожніх одягів, покращенню транспортно-експлуатаційних характеристик покриття, зменшенню витрат на ремонтні роботи. Відомо, що довговічність асфальтобетонних шарів дорожнього одягу суттєво залежить від якості вихідних матеріалів (особливо дорожніх бітумів), які використовуються для приготування асфальтобетонних сумішей. Сучасні технології підвищення якості асфальтобетонів переважно полягають у модифікації нафтових дорожніх бітумів полімерами, латексами, синтетичними восками, поверхнево-активними речовинами, або одночасно комплексом добавок, перед їх використанням для приготування асфальтобетонних сумішей. Серед полімерів різних класів для модифікації бітумів найбільше застосовуються термоеластоласти типу SBS, які надають їм еластичності. Модифікація бітумів добавками різного походження традиційно здійснюється змішуванням їх у спеціальних мішалках. Така технологія модифікації бітумів вимагає додаткових енерговитрат. Відома також технологія введення модифікуючих добавок безпосередньо в асфальтозмішувач в процесі перемішування асфальтобетонної суміші. В країнах Європейського союзу за такою технологією приготавливаються переважно литі гарячі асфальтобетонні суміші з використанням природних бітумів, як модифікуючих добавок. Відомі також способи модифікації асфальтобетонних сумішей додаванням синтетичних восків або термопластів безпосередньо в асфальтозмішувач. До однієї з полімерних добавок, яку можливо вводити безпосередньо у асфальтозмішувач при приготуванні асфальтобетонних сумішей, відноситься термопласт «Superplast», який представляє собою аморфний поліолефін з температурою плавлення 150 °С.

## **Introduction**

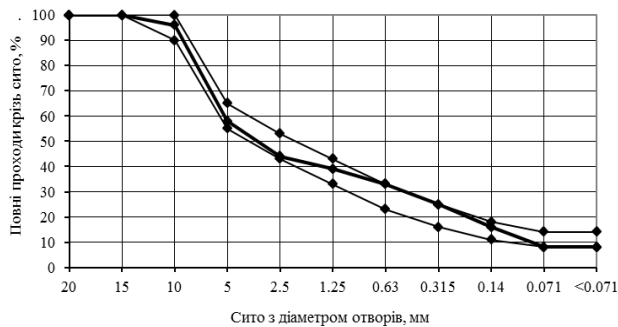
Improvement in quality of asphalt concretes results in increase of their service life in pavement layers, improvement of performance characteristics of the pavement, reduction of costs for repair works. It is well known that durability of asphalt concrete pavement layers significantly depends on quality of initial materials (especially of road bitumen) used to produce asphalt concrete mixes. Modern techniques of improvement in quality of asphalt concretes mainly involve modification of petroleum road bitumen with polymers, latexes, synthetic waxes, surface active substances, or simultaneously with combination of additives, before introduction in asphalt concrete mixes. The most widely used type of polymers for bitumen modification is SBS thermoplastic elastomers providing them with elasticity. Modification of bitumen with additives of different origin is traditionally performed by blending in special mixers. Such technique of bitumen modification requires additional energy consumption. Technology of modifiers introduction directly in asphalt mixer during asphalt concrete mix blending is also known. In European Union such technology of mix production is mostly applied for mastic asphalt concrete using natural bitumen as modifiers. Methods of asphalt concrete mixes modification introducing synthetic waxes or thermoplastic polymers directly in asphalt mixers are also known. One of polymer additives which can be added directly in asphalt mixer during asphalt concrete mix production is thermoplastic polymer “Superplast”, which is an amorphous polyolefine with melting point 150 °C.

**Результати експериментальних досліджень**

Для приготування асфальтобетонних сумішей використовували гранітний щебінь, гранітний відсів та вапняковий мінеральний порошок. При приготуванні щебенево-мастикових асфальтобетонних сумішей як стабілізуючу добавку використовували «Viatop-66». Як в'язучі використовували бітуми нафтові дорожні в'язкі марки БНД 60/90 (виробник Лисичанський НПЗ) та БНД 90/130 (виробник Мозирський НПЗ), які за показниками властивостей відповідали вимогам ДСТУ 4044. Гранулометричні склади мінеральної частини асфальтобетонних сумішей, прийнятих для дослідження, наведені на рис. 1 – 3.



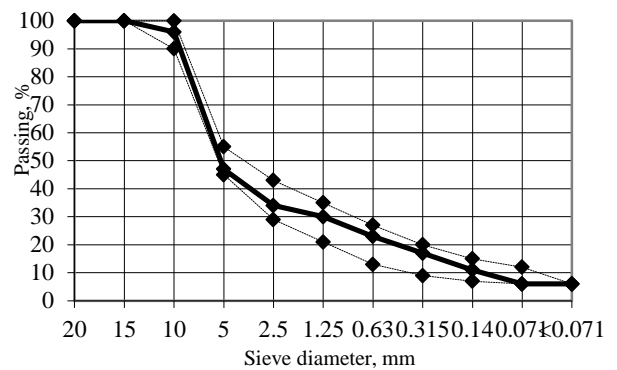
**Рисунок 1** – Гранулометричний склад мінеральної частини щільного дрібнозернистого асфальтобетону типу А не переривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 10 мм



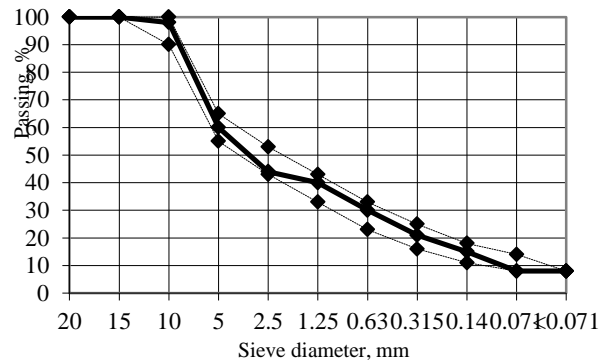
**Рисунок 2** – Гранулометричний склад мінеральної частини щільного дрібнозернистого асфальтобетону типу Б непереривчастої гранулометрії з максимальним розміром зерен щебеню 10 мм

**Research results**

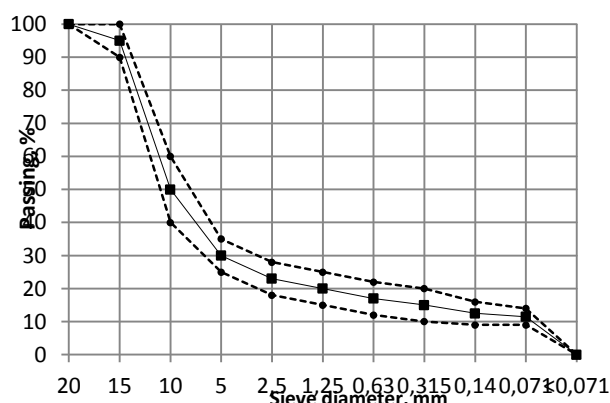
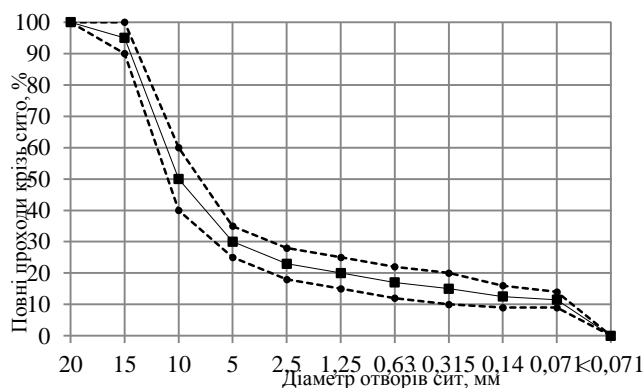
Granite coarse aggregate, granite siftings and limestone mineral filler were used to prepare asphalt concrete mixes. To prepare stone mastic mixes stabilizing additive “Viatop-66” was applied. Petroleum road viscous bitumen BND 60/90 (produced by Lysychansk refinery) and BND 90/130 (produced by Mozyr refinery), meeting the requirements of DSTU 4044 by their properties, were applied as binders. Gradation curves of asphalt concrete mixes taken for the research are shown on Figures 1 – 3



**Figure 1** – Gradation of dense fine-grained asphalt concrete type A with continuous gradation and maximum aggregate size 10 mm



**Рисунок 2** – Gradation of dense fine-grained asphalt concrete type B with continuous gradation and maximum aggregate size 10 mm



**Рисунок 3** – Гранулометричний склад мінеральної частини щебенево-мастикового асфальтобетону виду ЩМА-15

**Рисунок 3** – Gradation of stone mastic asphalt concrete SMA-15

Аморфний поліолефін «Superplast» у кількості 4 % від маси бітуму додавали безпосередньо в суміш перед введенням бітуму. Дослідження фізико-механічних властивостей та розрахункових характеристик асфальтобетонів виконували згідно [1,2].

Amorphous polyolefine “Superplast” at a rate of 4 % by mass of bitumen was added directly to the mix before introduction of bitumen. Determination of physical and mechanical properties and design characteristics of asphalt concretes was performed according to [1,2].

Результати порівняльних досліджень фізико-механічних та розрахункових характеристик гарячих асфальтобетонів без добавки та з добавкою «Superplast» наведені в таблицях 1 – 3.

Results of comparative research of physical and mechanical properties and design characteristics of hot asphalt concretes without additive and containing additive “Superplast” are shown in Tables 1 – 3.

**Таблиця 1** – Властивості дрібнозернистого асфальтобетону типу А неперервчастої гранулометрії

**Table 1** – Properties of fine-grained asphalt concrete type A with continuous gradation

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	18,2	18,5	18,2	18,4
Залишкова пористість, % за об'ємом	4,2	4,1	4,3	4,3
Водонасичення, % з об'ємом	2,5	2,6	2,5	2,6
Границя міцності при стиску, МПа, при:				
0 °C	7,7	7,4	9,1	8,0
20 °C	3,2	2,7	4,6	4,2
50 °C	1,2	1,1	1,5	1,3

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	18.2	18.5	18.2	18.4
Air voids content, % by volume	4.2	4.1	4.3	4.3
Water saturation, % by volume	2.5	2.6	2.5	2.6
Compressive strength, MPa, at:				
0 °C	7.7	7.4	9.1	8.0
20 °C	3.2	2.7	4.6	4.2
50 °C	1.2	1.1	1.5	1.3

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,89	0,84	0,90	0,8
Вміст в'язучого, %	5,5	5,4	5,7	5,5
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °С:				
0	9,3	9,0	11,5	10,9
10	6,3	6,0	8,0	7,4
20	3,8	3,6	5,0	4,5
30	2,0	1,9	2,8	2,4
Модуль пружності, МПа, при, °С:				
0	4400	3400	5000	3940
10	3050	2200	3500	2650
20	1700	1100	2100	1400
30	850	630	1000	780

Наведені в таблиці 1 результати досліджень свідчать про те, що введення до складу дрібнозернистої асфальтобетонної суміші типу А 4 % добавки «Superplast» викликає зростання як показників границі міцності при стиску за температури 0, 20 та 50 °С, так і границі міцності при згині та модуля пружності.

Таблиця 2 – Властивості дрібнозернистого асфальтобетону типу Б неперервчастої granulometрії

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	17,4	17,5	17,4	17,6
Залишкова пористість, % за об'ємом	3,5	3,7	3,7	3,5
Водонасичення, % за об'ємом	2,0	2,2	2,0	2,2

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5
Water resistance after long-term water saturation	0.89	0.84	0.90	0.86
Binder content, %	5.5	5.4	5.7	5.5
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	9.3	9.0	11.5	10.9
10	6.3	6.0	8.0	7.4
20	3.8	3.6	5.0	4.5
30	2.0	1.9	2.8	2.4
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	4400	3400	5000	3940
10	3050	2200	3500	2650
20	1700	1100	2100	1400
30	850	630	1000	780

Research results shown in Table 1 indicate that introduction of 4 % of additive “Superplast” in the composition of fine-grained asphalt concrete mix (type A) results in increase of both compressive strength at 0, 20 and 50 °C, and bending tensile strength and elasticity modulus.

Table 2 – Properties of fine-grained asphalt concrete type B with continuous gradation

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	17.4	17.5	17.4	17.6
Air voids content, % by volume	3.5	3.7	3.7	3.5
Water saturation, % by volume	2.0	2.2	2.0	2.2

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
Границя міцності при стиску, МПа, при, °С:				
0	7,9	7,6	10,0	8,4
20	4,1	4,0	5,0	4,8
50	1,4	1,2	1,7	1,4
Водостійкість при тривалому водонасиченні	0,90	0,86	0,92	0,87
Вміст в'язучого, %	6,5	6,2	6,8	6,4
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °С:				
0	9,8	9,5	11,9	11,2
10	6,8	6,5	8,3	7,7
20	4,2	4,0	5,2	4,7
30	2,4	2,2	3,0	2,6
Модуль пружності, МПа, при, °С:				
0	4500	3600	5600	4500
10	3200	2400	3900	3000
20	1800	1200	2200	1500
30	900	660	1100	830

При зниженні температури у досліджуваному діапазоні від 30 °С до 0 °С спостерігається зростання границі міцності при згині та модуля пружності досліджуваних асфальтобетонів.

Асфальтобетону з добавкою «Superplast» на основі бітуму БНД 60/90 в досліджуваному діапазоні температур властиві в 1,2 – 1,4 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,14 – 1,24 рази більші значення модулів пружності. Дрібнозернистий асфальтобетон з 4 % добавки «Superplast» на основі бітуму БНД 90/130 в досліджуваному діапазоні температур має в 1,21 – 1,26 рази більші значення границі міцності при згині та в 1,16 – 1,27 рази більші значення модулів пружності.

Дані таблиці 2 показують, що при застосуванні добавки «Superplast» аналогічні закономірності властиві також дрібнозернистому асфальтобетону типу Б. При цьому, серед досліджуваних дрібнозернистих асфа-

Continuation of Table 2

1	2	3	4	5
Compressive strength, MPa, at, °C:				
0	7.9	7.6	10.0	8.4
20	4.1	4.0	5.0	4.8
50	1.	1.2	1.7	1.4
Water resistance after long-term water saturation	0.90	0.86	0.92	0.87
Binder content, %	6.5	6.2	6.8	6.4
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	9.8	9.5	11.9	11.2
10	6.8	6.5	8.3	7.7
20	4.2	4.0	5.2	4.7
30	2.4	2.2	3.0	2.6
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	4500	3600	5600	4500
10	3200	2400	3900	3000
20	1800	1200	2200	1500
30	900	660	1100	830

When the temperature within the research range is reduced from 30 °C to 0 °C bending tensile strength and elasticity modulus of the asphalt concretes under research tend to increase.

Asphalt concrete with additive “Superplast” and bitumen BND 60/90 within the accepted temperature range is characterized by 1.2 – 1.4 times higher values of bending tensile strength and 1.14 – 1.24 times higher values of elasticity modulus. Fine-grained asphalt concrete containing 4 % of additive “Superplast” and bitumen BND 90/130 within the accepted temperature range has 1.21 – 1.26 times higher values of bending tensile strength and 1.16 – 1.27 times higher values of elasticity modulus.

Data shown in Table 2 indicate that application of additive “Superplast” gives similar trends typical for fine-grained asphalt concrete (type B). In addition to the above, the highest absolute values of bending tensile strength and elasticity

льотобетонів найбільші за абсолютною величиною значення границі міцності при згині та модуля пружності властиві дрібнозернистому асфальтобетону типу Б.

modulus among the fine-grained asphalt concretes under research are typical for fine-grained asphalt concrete (type B).

Таблиця 3 – Властивості ЦМА-15

Table 3 – Properties of SMA-15

Назва показника	БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90 (з добавкою)	БНД 90/130 (з добавкою)
1	2	3	4	5
Пористість мінеральної частини (кістяка), % за об'ємом	13,4	13,5	13,3	13,6
Залишкова пористість, % за об'ємом	3,8	3,9	3,7	3,9
Водонасичення, % за об'ємом, лабораторних зразків	1,5	1,6	1,9	2 0
Границя міцності при стиску, МПа, при, °С:				
20	3,1	2,8	3,5	3,2
50	0,9	0,7	1,2	1,0
Коефіцієнт внутрішнього тертя	0,93	0,93	0,92	0,93
Зчеплення при зсуві при 50 °С, МПа	0,17	0,16	0,23	0,18
Границя міцності на розтяг при розколі при 0°С, МПа	,9	,5	6,8	5,8
Коефіцієнт водостійкості при тривалому водонасиченні	0,92	0,91	0,92	0,91
Показник стікання в'язучого	0,07	0,10	0,05	0,09
Вміст бітуму, %	5,5	5,4	5,7	5,5

Property	BND 60/90	BND 90/130	BND 60/90 (with additive)	BND 90/130 (with additive)
1	2	3	4	5
Voids in mineral aggregate, % by volume	13.4	13.5	13.3	13.6
Air voids content, % by volume	3.8	3.9	3.7	3.9
Water saturation, % by volume, laboratory samples	1.5	1.6	1.9	2.0
Compressive strength, MPa, at, °C:				
20	3.1	2.8	3.5	3.2
50	0.9	0.7	1.2	1.0
Coefficient of internal friction	0.93	0.93	0.92	0.93
Cohesion at shear at 50 °C, MPa	0.17	0.16	0.23	0.18
Splitting tensile strength at 0°C, MPa	3.9	3.5	6.8	5.8
Coefficient of water resistance at long-term water saturation	0.92	0.91	0.92	0.91
Binder draindown	0.07	0.10	0.05	0.09
Bitumen content, %	5.5	5.4	5.7	5.5

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
Міцність на розтяг при згині, МПа, при, °С:				
0	3,9	3,5	4,9	4,4
10	2,8	2,5	3,7	3,2
20	1,7	1,6	2,4	2,1
0	1,0	0,9	1,5	1,3
Модуль пружності, МПа, при, °С:				
0	3600	3200	4300	3900
10	2600	2100	3100	2800
20	1600	1100	2000	1800
30	900	600	1100	1000

Наведені в таблиці 3 результати досліджень свідчать про те, що ЩМА-15 на основі бітуму БНД 60/90 характеризується більш високими значеннями границі міцності при стиску, на розтяг при розколі, на розтяг при згині та модуля пружності, порівняно з ЩМА-15 на основі бітуму БНД 90/130. При підвищенні температури від 0 °С до 30 °С спостерігається зменшення значень, як границі міцності при згині, так і модуля пружності досліджуваних асфальтобетонів. В досліджуваному діапазоні температур ЩМА-15 на основі бітуму БНД 60/90 властиві більш в 1,06 - 1,12 рази значення границі міцності при згині та в 1,13 - 1,50 рази більш значення модулів пружності, порівняно з ЩМА-15 на основі бітуму БНД 90/130.

Введення 4 % добавки «Superplast» до складу ЩМА-15 викликає зростання показників границі міцності при стиску, на розтяг при розколі, на розтяг при згині та модуля пружності, порівняно з ЩМА-15 без добавки «Superplast». Асфальтобетону з добавкою «Superplast» на бітумі БНД 60/90 в досліджуваному діапазоні температур властиві в 1,26 - 1,50 рази більш значення границі міцності при згині та в 1,19 - 1,25 рази більш значення модулів пружності.

ЩМА-15 з 4 % добавки «Superplast» на основі бітуму БНД 90/130 в досліджуваному діапазоні температур має в 1,26 - 1,44 рази більш значення границі міцності при згині та в 1,21 - 1,67 рази більш значення модулів пружності.

Continuation of Table 3

1	2	3	4	5
Bending tensile strength, MPa, at, °C:				
0	3.9	3.5	4.9	4.4
10	2.8	2.5	3.7	3.2
20	1.7	1.6	2.4	2.1
30	1.0	0.9	1.5	1.3
Elasticity modulus, MPa, at, °C:				
0	3600	3200	4300	3900
10	2600	2100	3100	2800
20	1600	1100	2000	1800
30	900	600	1100	1000

Research results presented in Table 3 indicate that SMA-15 with bitumen BND 60/90 is characterized by higher values of compressive strength, splitting tensile strength, bending tensile strength and elasticity modulus, compared to SMA-15 with bitumen BND 90/130. When raising temperature from 0 °C to 30 °C one can observe reduction of values of both bending tensile strength and elasticity modulus of the asphalt concretes under research. Within the accepted temperature range SMA-15 with bitumen BND 60/90 is characterized by 1.06 - 1.12 times higher values of bending tensile strength and 1.13 - 1.50 times higher values of elasticity modulus, compared to SMA-15 with bitumen BND 90/130.

Introduction of 4 % of additive "Superplast" to the composition of SMA-15 results in increase of values of compressive strength, splitting tensile strength, bending tensile strength and elasticity modulus, compared to SMA-15 without "Superplast". Asphalt concrete with "Superplast" and bitumen BND 60/90 within the accepted temperature range has 1.26 - 1.50 times higher values of bending tensile strength and 1.19 - 1.25 times higher values of elasticity modulus.

SMA-15 with 4 % of additive "Superplast" and bitumen BND 90/130 within the accepted temperature range has 1.26 - 1.44 times higher values of bending tensile strength and 1.21 - 1.67 times higher values of elasticity modulus.



### **Висновок**

Результати виконаних досліджень показують, що серед досліджених асфальтобетонів на основі бітумів різних марок найбільші показники міцності властиві дрібнозернистому асфальтобетону типу Б, а найменші ЩМА-15. Введення до складу асфальтобетонних сумішей полімерної добавки «Superplast» забезпечує зростання як показників границі міцності при стиску, так і розрахункових характеристик всіх досліджуваних асфальтобетонів.

### **Література**

1. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801 – 98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань. К.: Держбуд України, 2000. – 45с.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. К.: Укравтодор, 2004. – 176 с.

### **Рецензенти:**

Мозговий В.В., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.  
Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

### **Reviewers:**

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.  
Mozhovy V.V., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

### **Conclusion**

The results of the research demonstrate that within the accepted asphalt concretes based on bitumen of different grades the highest values of strength are observed for fine-grained asphalt concrete type B, and the lowest – for SMA-15. Introduction of polymer additive “Superplast” to the compositions of asphalt concretes provides increase of both compressive strength and design characteristics of all asphalt concretes under research.

### **Literature**

1. DSTU B V.2.7-89-99 (GOST 12801 – 98) Construction materials. Materials containing organic binders for road and airdrome construction. Test methods. K.: Derzhbud of Ukraine, 2000. – 45p.
2. VBN B.2.3-218-186-2004. Transport structures. Flexible pavement. K.: Ukravtodor, 2004. – 176 p.

Стаття надійшла до редакції: **23.09.2016 р.**