

## INCREASING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING FOR THE USE OF MODIFICATION ADDITION BUTONAL NS 198

### ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКАЦІЙНОЇ ДОБАВКИ БУТОНАЛ NS 198



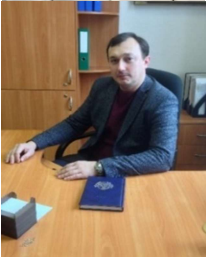
**Slavinska Olena Serhiyivna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the department of Transport construction and property management, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, tel.: +380509698109

<http://orcid.org/0000-0002-9709-0078>



**Onyshchenko Artur Mykolayovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the department of Bridges and tunnels, e-mail: artur\_ish@bigmir.net, tel.: +380687771899

<http://orcid.org/0000-0002-1040-4530>



**Bubela Andrii Volodymyrovych**, PhD, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of transport construction and property management, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, tel.: +380505535594

<http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

**Summary.** It is known that the use of conventional road construction solutions to improve the quality of asphalt mixes by improving the selection and composition of mixtures, the preparation process does not completely eliminate the problem of the strength of asphalt pavements and increase durability. Recent research results show that thermoplastic and thermoelastoplastic polymers as modifiers of bitumen and asphalt mix are one of the most promising ways of increasing the strength of asphalt concrete. One of these modifiers is the cationic latex BASF Butanol NS 198, which, according to research by American scientists, improves the heat resistance, elasticity and adhesion properties of bitumen.

**Key words:** bitumen, asphalt concrete, asphalt concrete testing, modifier.

**Introduction.** Taking into account that the climatic conditions and the paving bitumen used in Ukraine are different from those in the western countries and in the USA, it emerged necessity to study influence of these modifying agents to enhance the asphalt concrete layers service life taking into consideration the conditions in Ukraine and the domestic road building materials properties [1-10].

Possibility to apply the Butanol NS 198 modifying agent in Ukraine is studied since 2002. The DerzhdorNDI and KhNADU research teams investigated the influence of this modifier on the paving bitumen and asphalt concrete properties [2, 8]. The laboratory test results have confirmed the possibility of the paving bitumen properties improvement using the Butanol NS 198 modifier. Such bituminous polymers demonstrate the certain dependence of a binding agent strengthening and the increasing elasticity appearance upon the polymer amount increase. Sensitivity to a temperature lowering decreases. These facts create the preconditions for asphalt concrete strength and resistance increase as well as its shift resistance and crack growth resistance in the road covering.

However the influence of this modifying agent on the asphalt concrete properties and especially on its behavior in the road structure was studied insufficiently. Therefore, the following questions are considered in given work:

- designing the optimal compositions of asphalt concrete with bitumen modified with the Butanol NS 198 cationic latex;
- determining the designed thermo-rheological characteristics of asphalt concrete with the modified bitumen;
- analysis of the Butanol NS 198 modifier influence on the pavement on the base of the asphalt covering crack growth resistance dependence on the transport traffic intensity.

**Materials and Methods.** For research conduction to prepare the modified bitumen and the polymer asphalt concrete there were used the stone materials from the Malynsky enterprise and the mineral powdered lime, the petroleum paving bitumen of 60/90 grade from the Mozyrsky enterprise, and the Butanol NS 198 modifier. The components quantity determination results showed their compliance with the asphalt concrete functional standard [11]. To obtain the uniform asphalt concrete samples and to ensure the same specific surface of the mineral components the stone material previously was dispersed on the standard fractions. While selecting the asphalt concrete composition the standard requirements to its physic-mechanical characteristics were observed.

During research there was used the most widely applied for the covering arrangement АБ.Др.ІІІ.Б.НІІ.І ДСТУ Б В.2.7-119 asphalt concrete of such grain composition: macadam of 5-10 fraction – 40 %; crashed sand – 52 %; mineral powder – 8%. For comparison the road concrete mixes were prepared using the petroleum paving bitumen 60/90 with the latex addition into mixture during its mixing. At preparation of the bitumen modified with polymer there have being checked both the binding agent properties and its producing processibility. It allowed determining the inadmissible process modes of the modified bitumen preparation and the optimal and rational conditions of its preparation and use.

#### Asphalt concrete samples preparation procedure

To prepare the asphalt concrete samples there was used standard and special equipment of the "Transport construction materials and designs" prof. G.K. Sunya laboratory under the road building materials and chemistry chair of the National transport university. The beam samples were prepared on the sector press (Fig. 1) of Radovsky-Scherbakov design [12] that creates the asphalt concrete consolidation conditions with the light, middle and heavy rolls.

Sector press consists of the bed 1 along which the cart with the installed on it mould 3 moves. The cart is driven by the electric motor 4; the mixture consolidation in the mould is performed by sector.

On the sector press it was used the optimal process of the selected compositions consolidation to obtain the minimum consolidation factor 0.98.

#### Asphalt concrete testing procedure

The asphalt concrete physical-mechanical and designed characteristics were determined according to functional regulations [12, 14, 15].

To determine the tensile strength limits at bending the samples were tested for bend with concentrated force according to statically established scheme as the beam on two supports. The tests were carried out on the МІІІ-500 machine at temperature of 0 °C and deformation rate 100 mm/min. Before testing the samples were subjected to thermostating during 8-10 hours in the heat chamber. Then the samples were transferred in heat insulation to the testing machine supports. While testing the maximum destructive load P was recorded and the tensile strength limits at bending were determined by means of formula

$$R_{\text{згн}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Pl}{bh^2}, \quad (1)$$

where P is the maximum destructive load at bending; l- is distance between the supports; b is the sample width; h is the sample height.

The asphalt concrete samples modulus of elasticity was determined at temperature of 0 °C and the load action duration of 0.1 s employing the pendulum device of Radovsky-Scherbakov design (fig. 2).

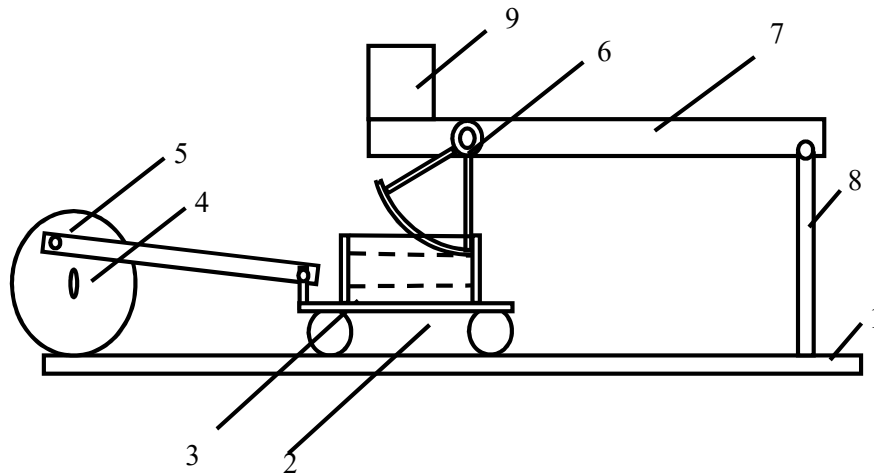


Figure 1 – Sector press of Radovsky-Scherbakov design to produce the asphalt concrete beam samples: 1 – bed; 2 – cart; 3 – mould; 4 – electric motor with reduction gear and flywheel; 5 – connecting-rod and crank gear; 6 – sector; 7 – lever; 8 – stand; 9 – weight

Рисунок 1 – Секторний прес Радовського-Щербакова розроблено для виготовлення зразків асфальтобетонних балок: 1 - основа; 2 - візок; 3 - форма; 4 - електродвигун з редуктором і маховиком; 5 - шатун і кривошип; 6 - сектор; 7 - важіль; 8 - підставка; 9 - вантаж

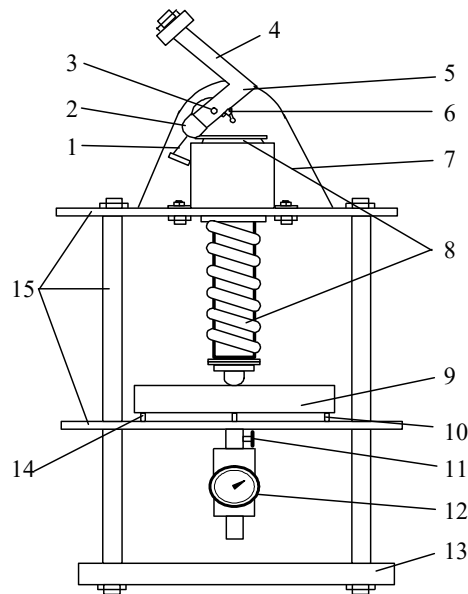


Figure 2 – Pendulum device

1 – load transmission gear, 2 – adjustment nut, 3 – axle, 4 – pendulum in the lever form, 5 – threaded roller, 6 – nut, 7 – bracket, loading mechanism, 9 – beam sample, 10 – mobile support, 11 – indicator, 12 – dial indicator, 13 – bed, 14 – immobile support, 15 - frame made of the steel bars

Рисунок 2 – Маятниковий пристрій

1 - важіль передачі навантаження, 2 - гайка регулювання, 3 - вісь, 4 - маятник у важільній формі, 5 - різьбовий ролик, 6 - гайка, 7 - кронштейн навантажувального механізму, 9 - зразок балки, 10 - рухома опора, 11 - індикатор, 12 - індикатор годинникового типу, 13 - основа, 14 - нерухома опора, 15 - рама зі сталевих брусків

Before testing the samples were subjected to the previous thermostating at the operating temperature. Prepared for testing sample was placed on the supports and loaded with the help of the loading system which ensures the specified loading level in the sample at designed time of its action of 0.1 s. During this procedure the rebound deflection was measured. The modulus of elasticity was calculated with the help of formula

$$E = P \cdot 13 / (48 \cdot f \cdot J), \quad (2)$$

where P is the vertical loading; f is the rebound deflection; J is the sample cross-section inertia moment.

To determine the fatigue factor it was used the procedure based on the different stress levels applying with measurement of time till destruction. There were tested the samples for determination of the continuous creep under the uniaxial tension conditions at temperature of 0 °C according to procedure [16] and using the installation shown in fig. 3.

During testing it was recorded time till destruction at different stress levels and the fatigue parameters were determined using the following formula:

$$m = \lg \frac{t_p(\sigma_1)}{t_p(\sigma_2)} \cdot \left( \lg \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right)^{-1}, \quad (3)$$

where  $\sigma_1, \sigma_2$  are the stresses in the sample,  $t_p(\sigma_1), t_p(\sigma_2)$  is the time till the sample destruction.

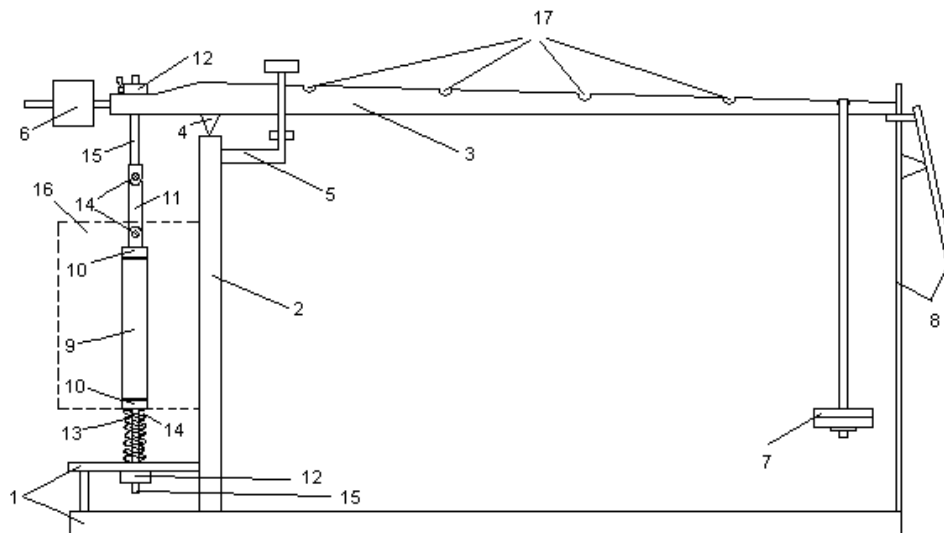


Figure 3 – Diagram of installation A-1 to test the samples durability: 1 - base; 2 - stand; 3 – balancing lever; 4 - prism; -5 - restrictor; 6 - balance weight; 7 – suspension with the balance weights; 8 – loading device; 9 - sample; 10 - gripping devices; 11 – cross-over link; 12 - nuts; 13 - spring; 14 - pivot; 15 – tension bolts; 16 - heat-chamber; 17 – sockets for suspension  
 Рисунок 3 – Схема установки А-1 для перевірки міцності зразків: 1 - основа; 2 - підставка; 3 - балансуючий важіль; 4 - призма; -5 - обмежувач; 6 - балансовий вантаж; 7 - підвіска з рівновагою; 8 - завантажувальний пристрій; 9 - зразок; 10 - захватні пристрої; 11 - перехресна ланка; 12 - гайки; 13 - пружина; 14 - шарнір; 15 - натяжні болти; 16 - терморкамера; 17 - пази для підвіски

**Results and Discussion.** Research results of the Butanol NS 198 polymer influence on the studied bitumen properties have shown that the modifying agent amount equals about 2-4 % of the bitumen mass. Such amount of the polymer ensures the highest physical-mechanical properties of asphalt concrete. In case of the modifier direct introducing into prepared road concrete mix its rational amount was equal to 3-4 % of the bitumen mass. To provide correct equalization of the asphalt concrete researched compositions physical-mechanical properties in this work there are shown the results of the modifier use in amount of 4 % of the bitumen mass.

The results of the asphalt concrete physical-mechanical properties determination depending on the binding agent amount are the following.

In case of the binding agent from 5.4 % to 6 % relative to 100 % of the mineral part the average density values virtually did not change, and the water saturation factor uniformly decreased at the bitumen amount increase (fig. 4-5) both for polymer asphalt concrete (PAC) and for the conventional asphalt concrete.

The water saturation factor decrease by 1.5-2 times in the polymer asphalt concrete (PAC) demonstrates improvement of its water resistance as compared with conventional asphalt concrete, and additionally it is possible to say about the improvement of asphalt concrete general longevity in covering at the water-freeze factors influence. At that the water saturation factor decrease rate is virtually the same both for conventional asphalt concrete and for PAC.

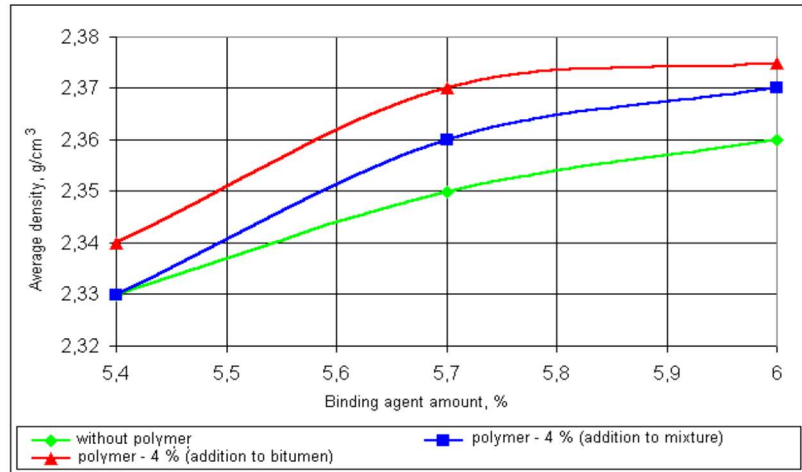


Figure 4 – Dependence of the asphalt concrete average density upon the binding agent amount  
 Рисунок 4 – Залежність середньої щільності асфальтобетону від кількості в'язучого

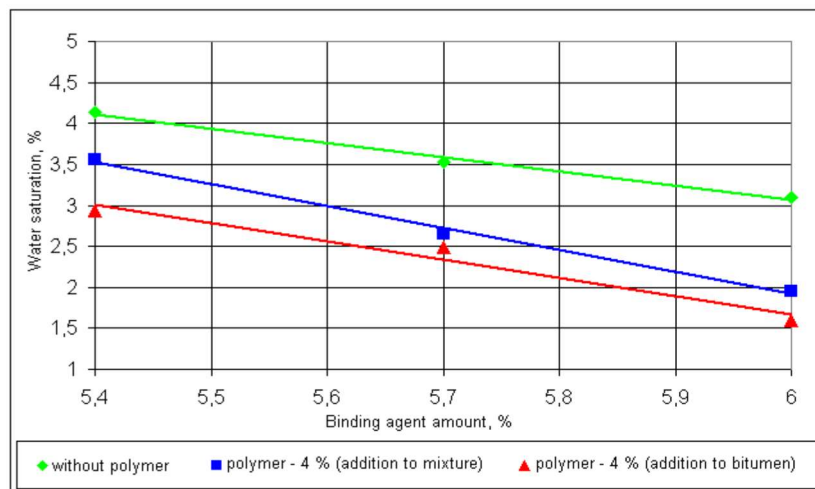


Figure 5 – Dependence of the asphalt concrete water saturation upon the binding agent amount  
 Figure 5 – Залежність водонасичення асфальтобетону від кількості в'язучого

The strength factors determination results are shown in fig. 6-9 and indicate the polymer asphalt concrete advantages in comparison with the conventional asphalt concrete both at the rational amount of the binding agent and at other amounts.

For example, the main parameters of the physical-mechanical properties PAC R50 – by 1,5-1,9 times greater than for conventional asphalt concrete (Fig. 6), R20 – by 1,2-1,7 times (Fig. 7), the wayer resistance factor is greater by 5-10 % (Fig. 8), the continuous water resistance factor is greater by 10-20 % (Fig. 9).

The standard physical-mechanical parameters study results confirmed the results of other scientists concerning the positive influence of this modifying agent on the PAC properties improvement. However, it is necessary to note that these parameters may be used mainly for estimation of the asphalt concrete properties as material.

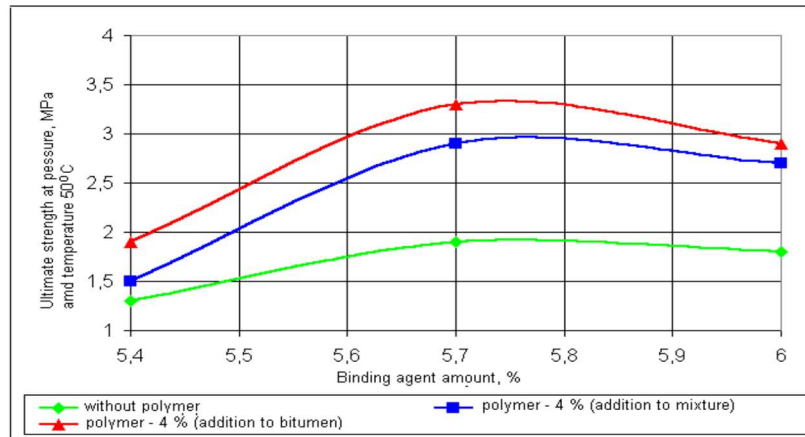


Figure 6 – Dependence of the asphalt concrete ultimate strength at temperature of 50 °C during pressure upon the binding agent amount

Рисунок 6 – Залежність границі міцності асфальтобетону від температури 50 °C під тиском від кількості в'язучого

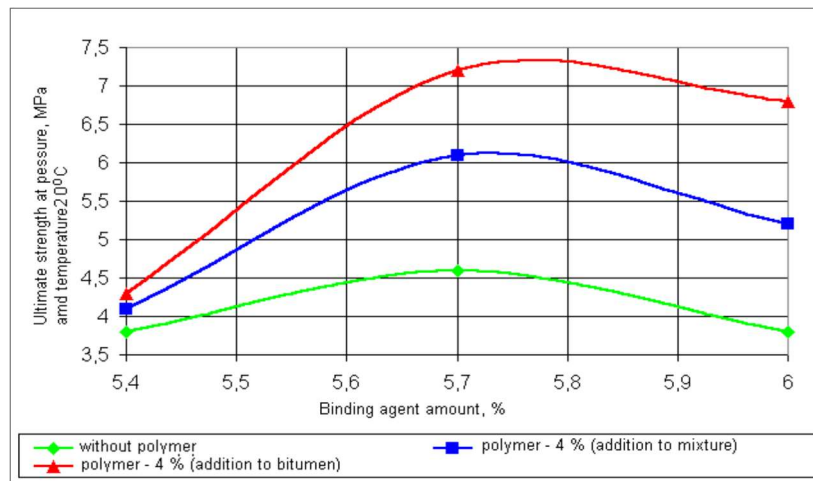


Figure 7 – Dependence of the asphalt concrete ultimate strength at temperature of 20 °C during pressure upon the binding agent amount

Рисунок 7 – Залежність границі міцності асфальтобетону при температурі 20 °C під тиском від кількості в'язучого

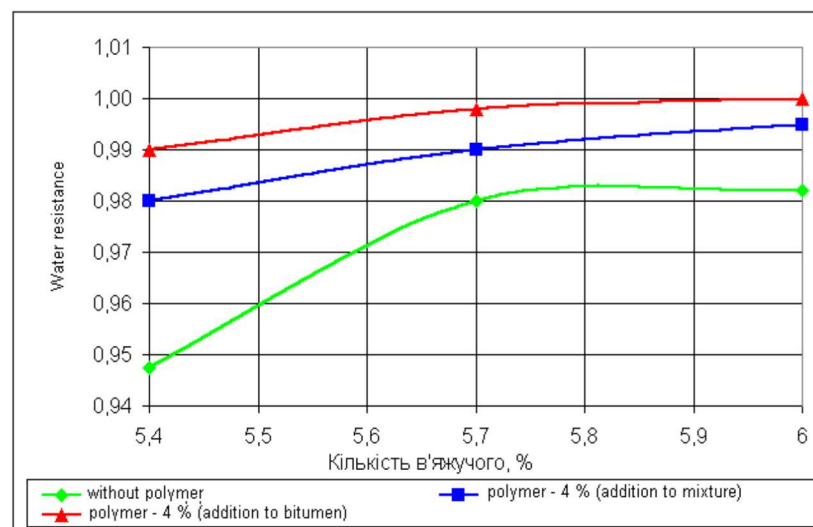


Figure 8 – Dependence of the water resistance upon the binding agent amount

Рисунок 8 – Залежність водостійкості від кількості в'язучого

To provide the complete estimation of any modifiers, including the Butanol NS 198, influence on the asphalt concrete durability in paving it is necessary and sufficiently to determine its design characteristics with further execution of corresponding calculations. They itself allow estimating deflected mode of the paving structure and determining number of parameters which allow determining expediency of its use from point of view of ensuring and improving the paving durability. To such parameters there can be referred, for example, number of the vehicles passages till destruction, the paving thickness decrease while ensuring the sane durability, decrease of the repairs frequency, etc.

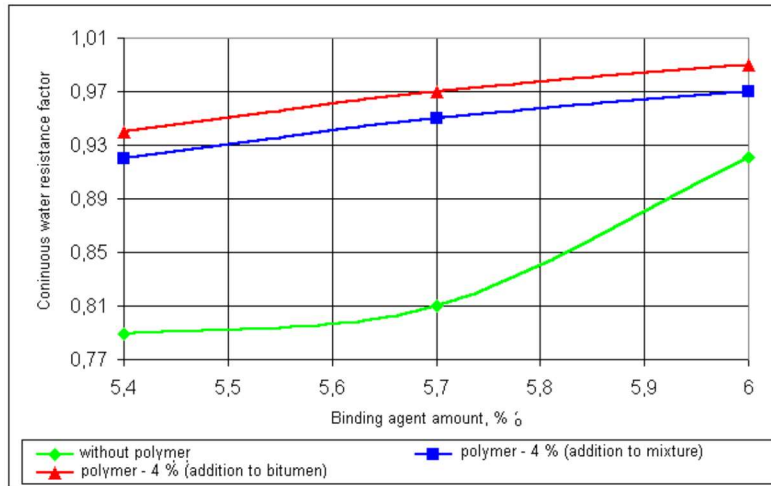


Figure 9 – Dependence of continuous water resistance factor upon the binding agent amount  
 Рисунок 9 – Залежність коефіцієнта водостійкості від кількості в'язучого

Results of the asphalt concrete tensile strength at bending determination are shown in table 1. They indicate the PAC tensile strength increase as compared to conventional asphalt concrete and show the bitumen polymer advantages against the paving bitumen (approximately by 1.2 times). The durability function parameters in table 1 also confirmed the considerable benefit of polymer asphalt concrete (approximately by 1.3 times), and this characteristic shows that the PAC use significantly increases the asphalt covering both durability and strength, and additionally it is possible to predict that it will increase the resistance to action of destructive factors such as transport and temperature loadings. The design modulus of elasticity determination results (table 1) showed that this parameter is virtually the same for studied materials, i.e. at low temperatures it has the sufficient deformability and resistance to the temperature cracks appearance.

Table 1 – Results of the asphalt concrete design characteristics determination  
 Таблиця 1 – Результати визначення проектних характеристик асфальтобетону

Asphalt concrete type	Tension strength at bending, $R_{bend}$ , MPa	Durability function parameter, $\tau$	Modulus of elasticity, $E$ , MPa
Asphalt concrete	9,9	5,2	6780
PAC	12,1	6,7	6650

On basis of determined design characteristics to evaluate the durability there were carried out the comparing calculations of paving two constructions according to existing procedure (Fig. 10).

In the first structure it was used asphalt concrete on bitumen base в першій конструкції використовували асфальтобетон на основі бітуму в другій асфальтобетон на основі бітумополімеру.

The asphalt concrete and PAC design characteristics were determined in experimental way according to specifies procedures. The asphalt concrete and PAC compositions were the same as during the previous research.

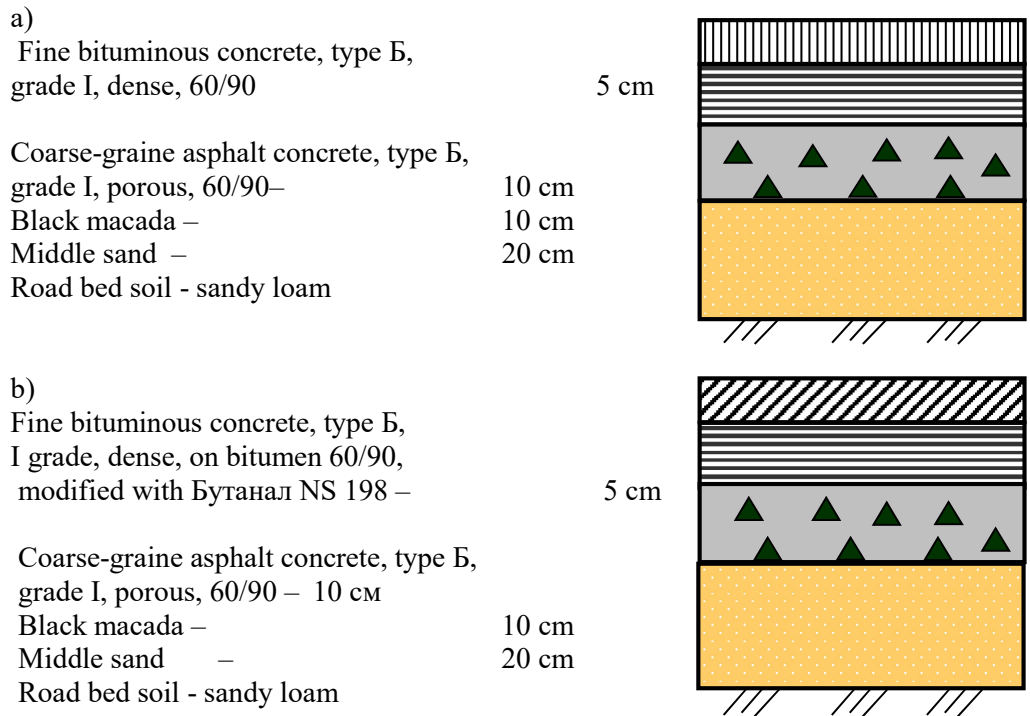


Figure 10 – Paving structure : a) using asphalt concrete; b) using PAC

Рисунок 10 – Конструкція дорожнього одягу: а) з використанням асфальтобетону; б) за допомогою PAC

The calculation results analysis confirmed the previous investigations with respect to asphalt concrete covering durability extension. In this case at loading of 60 kN the paving durability at PAC application by 3.6 times greater than at the conventional asphalt concrete application, at loading of 100 kN - by 3.3 times, and at loading of 15 kN - by 3.0 times (fig. 11).

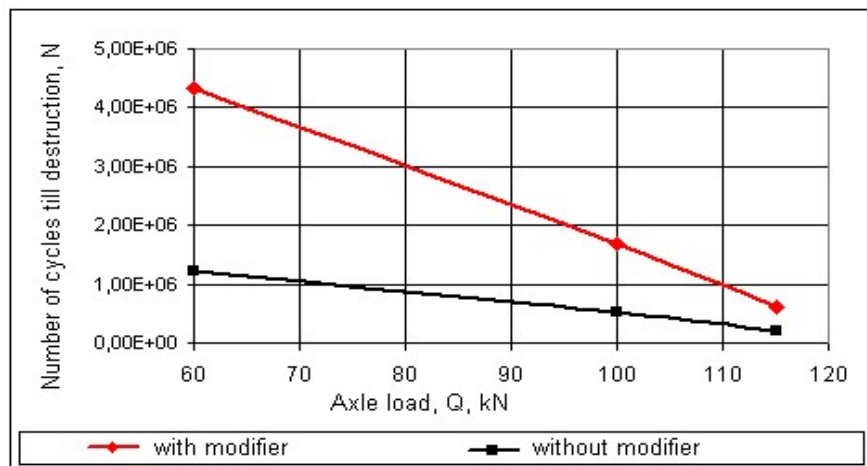


Figure 11 – Dependence of asphalt concrete durability upon the axle load

Рисунок 11 – Залежність міцності асфальтобетону від навантаження на вісь

**Conclusions and Recommendations.** 1. Conducted research showed that the asphalt concretes produced using the Butonal NS 198 meet the requirements to hot asphalt concrete and have higher strength and durability parameters.

2. The polymer asphalt concrete design characteristics values change in sufficiently wide range depending on the binding agent amount shows the possibility of active regulation of its properties under the designing actual conditions.

3. Higher water resistance and extended durability of these PACs ensure the preconditions of their use in different regions of Ukraine.



4. Research results show that to get the maximum effect from the modifying agent application it is desirable to perform the scientist support during its field use and also the operational conditions monitoring to collect statistic data and carry out the necessary corrections to obtain the best results.

### References

1. Hnatenko H.F., Fesenko V.I., Halkin A.V., Zhdanyuk V.K., Zalotar'ov V.O. Dosvid pryhotuvannya polimerbitumnoho v"yazhuchoho u bez kompresorniy ustanovtsi//Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. № 1. – 2001. – 2001. – S.39-42.
2. Honcharenko F.P. Rezul'taty naukovykh doslidzhen' DerzhdorNDI ta analiz praktychnoho dosvidu zabezpechennya yakosti asfal'tobetonu ta asfal'tobetonnykh pokryttiv // Vestnyk KHNADU. KH.: – 2002 – S.101-104.
3. Hokhman L.M., Huraryy E.M., Davydova A.R., Davydova K.Y. Polymerno – bytumnye vyazhushchye na osnove SBS dlya dorozhnoho stroytel'stva//M.: Ynformavtodor. – Vypusk. 4. – 2002. – 122 s.
4. Zhdanyuk V.K., Lohvynenko P.M., Boykov V.V. i in. Vykorystannya modyfikatora dorozhnykh bitumiv «Mobit » pry budivnytstvi asfal'tobetonnykh pokryttiv //Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. - № 3. – 2003. – S.29-31.
5. Zolotarev V.A. Svoystva bytumov, modyfytsyrovannykh polymeramy typu SBS // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. - № 3. -2003. – S. 29-31.
6. Kynh H.N., Radovskyy B.S. Svoystva polymerno – bytumnykh vyazhushchykh y razrabatyvaemye v SSHA metody ykh yspytannya. // Novosty v dorozhnom dele. Nauchno – tekhnicheskyy ynformatsyonnyy sbornyk. – 2004, vypusk 6. – Moskva. S. 1-28.
7. Kynh H.N., Radovskyy B.S. Materyaly y tekhnolohyy kompanyy Koch Materials dlya stroytel'stva y remonta dorozhnykh pokrytyy//Novosty v dorozhnom dele. Nauchno – tekhnicheskyy ynformatsyonnyy sbornyk. – 2004, vypusk 6. – Moskva. S. 28-62.
8. Zolotar'ov V.O., Halkin S.H., Kyshchyns'kyy S.V. Pro stabil'nist' pry zberezhenni bitumiv, modyfikovanykh polimeramy//Visnyk Donbas'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury. Kompozitsiyni materialy dlya budivnytstva. – 2004-1(43) tom1. – Makiyivka. S. 16-23.
9. Pakter M.K., Samoylova E.YE., Bratchun V.I., Bepalov V.L., Hulyak D.V. Doslidzhennya pochatkovykh stadiy oderzhannya bitumopolimernoho v"yazhuchoho i asfal'tobetonu metodom dyferentsiynoyi skanuyuchoyi kalorymetriyi//Visnyk Donbas'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury. Kompozitsiyni materialy dlya budivnytstva. – 2004-1(43) tom1. – Makiyivka. S.42-47.
10. Zolotarev V.A. Ob ynformatyvnyosti pokazateley kachestva bytumov // Nauka y tekhnika v dorozhnoy otrasly. - № 3. -2005. – S. 38-42.
11. Modyfytsyrovannye bytumnye vyazhushchye, spetsyal'nye bytummy y bytummy s dobavkamy v dorozhnom stroytel'stve. Pod obshch. Red. V.A. Zolotareva, V.Y. Bratchuna. – Khar'kov: Yzdatel'stvo KHNADU, 2003. – 229 s.
12. DSTU B.V.2.7-119-2003 Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhniy i aerodromnyy. Tekhnichni umovy.
13. Shcherbakov Y. M. Yssledovanye y uchet strukturno-mekhanicheskyykh kharakterystyk asfal'tobetona pry naznachenyy konstruksyy dorozhnykh odezhd. Avtoref. dys... kand. tekhn. nauk. – M, 1979, 24 s.
14. DSTU B V.2.7-319:2016 Sumishi asfal'tobetonni i asfal'tobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Metody vyprobuvan'
15. VBN V.2.3-218-186-2004 Dorozhniy odyah nezhorstkoho typu.
16. Mozhovoy V.V. Nauchnye osnovy obespechenyya temperaturnoy treshchynostoykosti asfal'tobetonnykh pokrytyy: Dys. ... dokt. tekhn. nauk: 05.22.11 - K., 1996 – 406 s.

### ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКАЦІЙНОЇ ДОБАВКИ БУТОНАЛ NS 198

**Славінська Олена Сергіївна**, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, тел.: +380509698109, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, <http://orcid.org/0000-0002-9709-0078>.

**Онищенко Артур Миколайович**, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри мости і тунелі, e-mail: artur\_onish@bigmir.net, тел.: +380687771899, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, <http://orcid.org/0000-0002-1040-4530>.

**Бубела Андрій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, тел.: +380505535594, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, <http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>.

**Анотація.** Відомо, що використання звичайних рішень у дорожньому будівництві для покращення якості асфальтобетонних сумішей завдяки, покращенням підбору та складу сумішей, процесу підготовки не усуває в повній мірі проблему міцності асфальтобетонних покриттів та збільшення довговічності. Для визначення меж міцності на розрив при згинанні зразки випробовували на вигин з концентрованою силою за статично встановленою схемою у вигляді пучка на двох опорах. Результати останніх досліджень показують, що одним з найперспективніших способів збільшення міцності асфальтобетону є термопластичні та термоеластопластичні полімери, як модифікатори бітуму та асфальтобетонної суміші. Такі бітумні полімери демонструють певну залежність зміцнення зв'язуючого агента та зростаючу появу еластичності від збільшення кількості полімеру. Чутливість до зниження температури знижується. Ці факти створюють передумови для збільшення міцності та стійкості асфальтобетону, а також його опору зсуву та стійкості до росту тріщин у дорожньому покритті. Одним з таких модифікаторів є катіонний латекс BASF Butanol NS 198, який, за результатами досліджень американських учених, покращує теплостійкість, еластичність та адгезійні властивості бітуму.

**Ключові слова:** бітум, асфальтобетон, випробування асфальтобетону, модифікатор.

### Перелік посилань

1. Гнатенко Г.Ф., Фесенко В.І., Галкін А.В., Жданюк В.К., Залотарьов В.О. Досвід приготування полімербітумного в'язучого у без компресорній установці//Автошляховик України. № 1. – 2001. – 2001. – С.39-42.
2. Гончаренко Ф.П. Результати наукових досліджень ДерждорНДІ та аналіз практичного досвіду забезпечення якості асфальтобетону та асфальтобетонних покриттів // Вестник ХНАДУ. Х.: – 2002 – С.101-104.
3. Гохман Л.М., Гурарий Е.М., Давыдова А.Р., Давыдова К.И. Полимерно – битумные вяжущие на основе СБС для дорожного строительства//М.: Информавтодор. – Выпуск. 4. – 2002. – 122 с.
4. Жданюк В.К., Логвиненко П.М., Бойков В.В. і ін. Використання модифікатора дорожніх бітумів «Мобіт» при будівництві асфальтобетонних покриттів //Автошляховик України. - № 3. – 2003. – С.29-31.
5. Золотарев В.А. Свойства битумов, модифицированных полимерами типа СБС // Автошляховик України. - № 3. -2003. – С. 29-31.
6. Кинг Г.Н., Радовский Б.С. Свойства полимерно – битумных вяжущих и разрабатываемые в США методы их испытания. // Новости в дорожном деле. Научно – технический информационный сборник. – 2004, выпуск 6. – Москва. С. 1-28.
7. Кинг Г.Н., Радовский Б.С. Материалы и технологии компании Koch Materials для строительства и ремонта дорожных покрытий//Новости в дорожном деле. Научно – технический информационный сборник. – 2004, выпуск 6. – Москва. С. 28-62.
8. Золотарьов В.О., Галкін С.Г., Кищинський С.В. Про стабільність при збереженні бітумів, модифікованих полімерами//Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Композиційні матеріали для будівництва. – 2004-1(43) том1. – Макіївка. С. 16-23.
9. Пактер М.К., Самойлова Е.Є., Братчун В.І., Беспалов В.Л., Гуляк Д.В. Дослідження початкових стадій одержання бітумополімерного в'язучого і асфальтобетону методом диференційної скануючої калориметрії//Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. Композиційні метериали для будівництва. – 2004-1(43) том1. – Макіївка. С.42-47.
10. Золотарев В.А. Об информативности показателей качества битумов // Наука и техника в дорожной отрасли. - № 3. -2005. – С. 38-42.
11. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. Под общ. Ред. В.А. Золотарева, В.И. Братчуна. – Харьков: Издательство ХНАДУ, 2003. – 229 с.
12. ДСТУ Б.В.2.7-119-2003 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній і аеродромний. Технічні умови.
13. Щербаков И. М. Исследование и учет структурно-механических характеристик асфальтобетона при назначении конструкций дорожных одежд. Автореф. дис... канд. техн. наук. – М, 1979, 24 с.
14. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань.
15. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу.
16. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.