

УДК 625.851

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.109

## ЛИТІ АСФАЛЬТОБЕТОНИ НА ВИСОКОВ'ЯЗКИХ СПЕЦІАЛЬНИХ ТА КОМПАУНДОВАНИХ НАФТОВИХ БІТУМАХ

Оксак С. В.<sup>1</sup>, Ільїн Я. В.<sup>1</sup>, Ваїл М. Ш.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Державне підприємство «Науково-технічний центр "Дорожній контроль якості"»

*Анотація.* Наведені результати досліджень властивостей литих асфальтобетонів на основі високов'язких дорожніх бітумів 20/30, 35/50 та спеціального бітуму UNIBIT 35/50-57/69 європейського виробництва, а також бітуму, отриманого шляхом компаундування традиційного нафтового дорожнього бітуму БНД 60/90 та нафтового будівельного бітуму БНБ 90/10.

*Ключові слова:* високов'язкий бітум, рухомість суміші, литий асфальтобетон, фізико-механічні властивості, глибина вдавлення штамп.

### Вступ

Литі асфальтобетони, започатковані ще 1838 р. у Франції [1], широко застосовувалися для влаштування покриття доріг і тротуарів по всій Європі в кінці XIX на початку XX ст. [2]. Цей матеріал нині набуває все більшого поширення в дорожній галузі, зокрема в таких її напрямках, як влаштування різноманітних шарів дорожнього одягу; нижні та верхні гідроізолюючі шари мостових покриттів та тунелів; тротуари, підземні переходи, паркінги тощо.

Про ефективність використання литих асфальтобетонів для дорожніх та мостових покриттів свідчать такі їхні властивості: висока адгезія до нижніх шарів, майже абсолютна водонепроникність та, відповідно, висока водостійкість, висока міцність на втому та стійкість проти старіння.

### Аналіз публікацій

Найбільшими споживачами литих асфальтобетонних сумішей традиційно є Німеччина, Франція та Велика Британія. Цей матеріал також популярний і в Північній Америці. Віднедавна литі асфальтобетони набули поширення в розвинутих Азіатських країнах [3].

Застосування литих асфальтобетонів на території України має епізодичний характер. Так, загалом дослідження стосувалися підвищення теплостійкості шарів литої суміші завдяки модифікації бітумного в'язучого полімером [4, 5], додаванням у бітум сірки та ін. [6]. У роботі [7] досліджувались механічні властивості литого асфальтобетону на бітумі БНД 40/60. Результати досліджень указують на те, що литі асфальтобетони характеризуються підвищеною температурною

чутливістю порівняно з традиційними, що свідчить про доцільність застосування литого асфальтобетону в районах з помірним кліматом.

Результати дослідження колійності литих асфальтобетонів для влаштування водонепроникних шарів на мостах наведені в [8]. Литий асфальтобетон на основі традиційного дорожнього бітуму БНД 60/90 характеризується недостатньою стійкістю до утворення колій. Ефективним методом зменшення колійності є збільшення вмісту щебеню та модифікація бітуму полімерними домішками.

Чинний нормативний документ [9] в Україні не передбачає можливості використання бітумних в'язучих з консистенцією меншою ніж 40×0,1 мм, дозволяється застосовувати тільки модифіковані бітумні в'язучі.

Однак застосування бітумів, модифікованих полімером, для виробництва литих асфальтобетонних сумішей, крім покращення фізико-механічних властивостей, призводить до погіршення рухомості литих сумішей [10], а також значного здорожчання матеріалу через високу вартість полімеру та необхідність підвищення технологічних температур.

### Мета і постановка завдання

Метою є дослідження фізико-механічних властивостей литих асфальтобетонів для дорожнього будівництва на основі високов'язких бітумів європейського та вітчизняного виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно встановити оптимальний склад високов'язкого компаундованого бітуму, склад литого асфальтобетону, визначити вплив консистенції та вмісту бітуму на рухомість

литих сумішей і фізико-механічні властивості отриманих литих асфальтобетонів.

### Виклад основного матеріалу

Для досліджень властивостей литих асфальтобетонів був прийнятий склад з максимальним розміром мінерального матеріалу 10 мм. Як мінеральні складові прийняті: гранітний щебінь 5–10, гранітний відсів, вапняковий мінеральний порошок.

В'язучими для приготування литих асфальтобетонних сумішей прийняті бітуми, які, у свою чергу, отримані шляхом компаундування традиційного нафтового дорожнього бітуму БНД 60/90 та будівельного бітуму БНБ 90/10, а також високов'язкі дорожні бітуми європейського виробництва (Lotos Asphalt (Польща)) 20/30 та 35/50 і спеціальний бітум мультигрейд Unibit 35/50-57/69. Властивості бітумів, прийнятих для дослідження, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Властивості бітумів, прийнятих для виробництва литих асфальтобетонних сумішей

№ з/п	Найменування показника	Зіставлений бітум	Марка бітуму		
			Європейські бітуми Lotos Asphalt		
			20/30	35/50	Unibit 35/50-57/69
1	Пенетрація за умови 25 °С, 0,1 мм	38	26	44	35
2	Пенетрація за умови 0 °С, 0,1 мм	13	10	15	21
3	Температура розм'якшеності, °С	58,1	62,1	53,2	63,5
4	Температура крихкості, °С	-11,5	-6,5	-13	-21
5	Температура спалаху, °С	300	334	337	316
6	Розтяжність за умови 25 °С, см	9	25	> 150	5,3
7	Інтервал пластичності, °С	69,6	68,6	66,2	84,5
8	Індекс пенетрації	0	-0,02	-0,72	+0,85

Зіставлений бітум отримано методом суміщення в лабораторному змішувачі нафтового дорожнього бітуму БНД 60/90 у кількості 65 % та бітуму будівельного БНБ 90/10 у кількості 35 %.

Для виготовлення литої асфальтобетонної суміші зазвичай використовується підвищена кількість в'язучого, що надає такому матері-

алу здатність до самоущільнювання за умови підвищених температур і формування майже водонепроникних шарів. Для визначення необхідної кількості в'язучого в литій асфальтобетонній суміші досліджувалися властивості литих асфальтобетонів з різним вмістом бітуму. Температура приготування суміші та виготовлення зразків литого асфальтобетону становила 200 °С. Вплив вмісту зіставленого бітуму на фізичні властивості литого асфальтобетону наведено в табл. 2.

У разі вмісту зіставленого бітуму в литій асфальтобетонній суміші в межах 9,5–10,5 % фізичні властивості литих асфальтобетонів повністю відповідають вимогам [9, 11] за показниками залишкової пористості та водонасичення.

Таблиця 2 – Фізичні властивості литого асфальтобетону з різним вмістом зіставленого бітуму

Вміст бітуму, %	Середня густина, г/см <sup>3</sup>	Залишкова пористість, %	Водонасичення, %
9,5	2,350	1,84	0,11
10	2,340	1,47	0,10
10,5	2,338	1,02	0,04

Результати з визначення глибини вдавлення штампа (ГВШ) у литих асфальтобетонах згідно з [12] за умови різного вмісту зіставленого бітуму наведені на рис. 1.

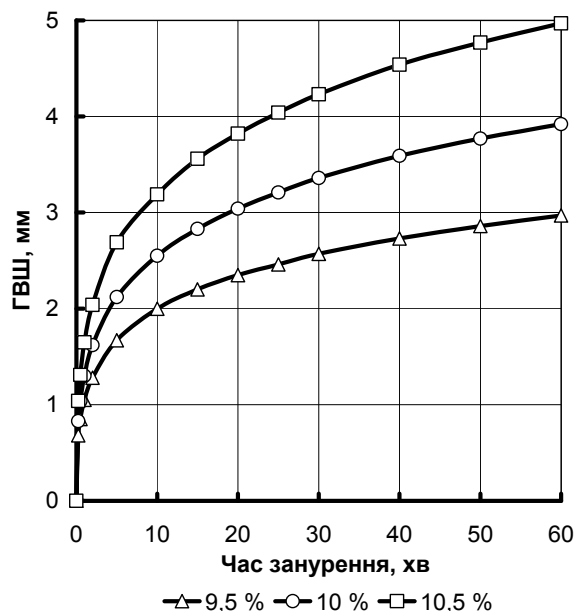


Рис. 1. Глибина вдавлення штампа в литому асфальтобетоні за умови різного вмісту зіставленого бітуму

Підвищення вмісту бітуму у складі литого асфальтобетону призводить до прогнозова-

ного збільшення величини вдавлювання штампа. Литий асфальтобетон з 9,5 % бітуму характеризується найбільшим опором вдавлюванню штампа (найменший показник ГВШ). Однак в аспекті забезпечення необхідної рухомості литої суміші оптимальним вмістом бітуму прийнято 10 %.

Фізичні властивості литих асфальтобетонів на різних бітумах за умови їхнього вмісту в кількості 10 % наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізичні властивості литих асфальтобетонів на різних бітумах за умови вмісту 10 %

Вміст бітуму, %	Середня густина, г/см <sup>3</sup>	Залишкова пористість, %	Водонасичення, %
20/30	2,338	1,89	0,03
35/50	2,335	1,73	0,06
Unibit 35/50–57/69	2,334	1,93	0,10
Зіставлений бітум	2,340	1,47	0,10

Усі литі асфальтобетони мають практично абсолютну водонепроникність, водонасичення становить не більше ніж 0,1 %. За показниками фізичних властивостей литі асфальтобетони на різних бітумах повністю відповідають установленим вимогам [8, 10].

Залежність ГВШ литого асфальтобетону на різних високов'язких бітумах за умови їхнього вмісту 10 % у часі наведена на рис. 2. ГВШ литого асфальтобетону повністю визначається penetрацією бітуму, що використовується для його виготовлення.

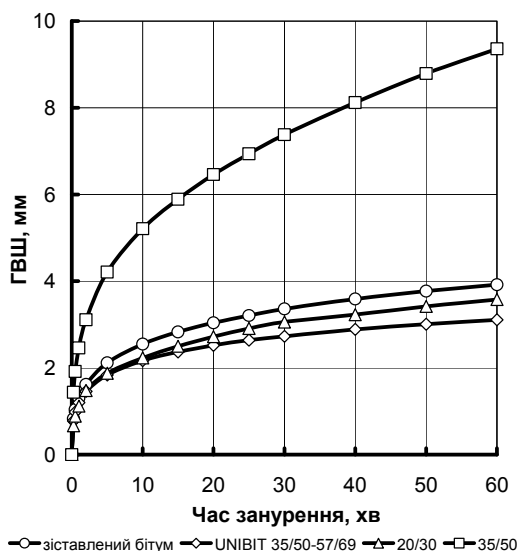


Рис. 2. Глибина вдавлювання штампа литого асфальтобетону на різних високов'язких бітумах

Литий асфальтобетон на бітумі 35/50 характеризується значною деформативністю і не задовольняє вимоги [9] щодо глибини вдавлювання штампа. Зі збільшенням консистенції залишкового бітуму (перехід від penetрації 44×0,1 мм до 26×0,1 мм) ГВШ знижується з 7,38 до 3,06 мм.

Асфальтобетон на спеціальному бітумі мультигрейд (Unibit 35/50-57/69) навіть у разі майже однакової консистенції із зіставленим бітумом дозволяє отримати більш жорсткий литий асфальтобетон (ГВШ 2,73 мм проти 3,36 мм для зіставленого бітуму). Тобто використання бітумів мультигрейд для виготовлення литих асфальтобетонних сумішей дозволить отримати більш колієстійкий матеріал, ніж на окислених та залишкових бітумах порівняної консистенції.

### Висновки

Виробництво литих асфальтобетонних сумішей вимагає застосування значної кількості (більше ніж 20 %) якісного мінерального порошку з високою структуруючою здатністю для забезпечення отримання високих фізико-механічних властивостей литого асфальтобетону за умови збільшеного вмісту бітуму.

Збільшення вмісту бітуму в литій асфальтобетонній суміші покращує її рухомість, знижує залишкову пористість та водонасичення асфальтобетону, але разом з тим збільшує глибину вдавлювання штампа.

Підвищення penetрації бітуму призводить до прогнозованого збільшення показника ГВШ, за умови використання бітуму 35/50 з penetрацією 44×0,1 мм ГВШ становить 7,38 мм. Тому для отримання теплостійких литих асфальтобетонів раціонально застосовувати в'язучі з penetрацією не вищою ніж 40×0,1 мм.

На основі зіставленого бітуму, що складається з в'язкого нафтового дорожнього бітуму БНД 60/90 та будівельного БНБ 90/10, можливе отримання високоякісних литих асфальтобетонів з необхідною теплостійкістю дорожніх шарів.

### Література

- De l'asphalte et de la mine du val-de-travers, dans la principauté de Neuchatel par C. P. de V. Neuchatel: Se trouve chez Jeanneret frères, 1838. 28 p.
- Старицкий М. Литой асфальт. Ленинград: Гострансиздат, 1934. 112 с.
- The Mastic Asphalt Industry – A Global Perspective. Final version IMAA / HSE Working Group.

- Bern: International Mastic Asphalt Association IMAA. March 2013. 30 p.
4. Жданюк В. К., Масюк Ю. А. Властивості литих асфальтобетонів на основі бітумів модифіко-ваних полімерами. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2004. Вип. 71. С. 60–64.
  5. Жданюк В. К., Масюк Ю. А., Івженко А. О., Шевченко В. П. Теплостійкість литих асфальтобетонів на основі бітумів, модифікованих полімерами. *Вісник ХНАДУ*. 2005. Вип. 29. С. 240–242.
  6. Братчун В. И., Столярова Н. А., Беспалов В. Л., Рыбалко И. Ф. Литые асфальтобетонны повышенной долговечности. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*. 2007. № 1(4). С. 143–146.
  7. Золотарьов В. О., Квачук Ю. П., Гельмер В. В. Механічні властивості литого асфальтобетону *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 1983. Вип. 32. С. 67–72.
  8. Онищенко А. М. Аналіз результатів колійності в литому асфальтобетоні «гусасфальт». *Строительные материалы и изделия*. 2016. №. 1. С. 72–74.
  9. СОУ 42.1-37641918-106:2013. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетони литі. Технічні умови. [Чинний від 2013-11-01]. Вид. офіц. Київ: Державна служба автомобільних доріг України, 2013. 10 с.
  10. Sang Luo, Zhendong Qian, Xu Yang, Hui Wang. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. 156 (2017). P. 131–141.
  11. ДСТУ EN 13108-6:2018. Бітумомінеральні суміші. Технічні умови. Ч. 6. Литий асфальтобетон. [Чинний від 01.07.2019]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ». 2018. 38 с.
  12. BS EN 12697-20:2012. Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt. Part 20: Indentation using cube or cylindrical specimens (CY). [Published 2012-05-31]. The publication is official. London: British Standard Institute (BSI). 2012. 22 p.
- ### References
1. De l'asphalte et de la mine du val-de-travers, dans la principauté de Neuchatel par C. P. de B. (1838). Neuchatel: Se trouve chez Jeanneret freres.
  2. Starickij M. (1934). Litoj asfalt [Mastic asphalt]. Leningrad. Gostransizdat [in Russian].
  3. The Mastic Asphalt Industry – A Global Perspective. Final version IMAA / HSE Working Group. (2013). Bern: International Mastic Asphalt Association IMAA.
  4. Zhdaniuk V. K., & Masiuk Yu. A. (2004). Vlastyosti lytykh asfaltobetoniv na osnovi bitumiv modyfikovanykh polimeramy [Properties of mastic asphalt concrete based on polymer modified bitumen]. *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*. (71), 60–64 [in Ukrainian].
  5. Zhdaniuk V. K., Masiuk Yu. A., Ivzhenko A. O., & Shevchenko V. P. (2005). Teplostiikist lytykh asfaltobetoniv na osnovi bitumiv, modyfikovanykh polimeramy [Heat resistance of mastic asphalt concrete based on polymer modified bitumen]. *Vestnyk KhNADU*. (29), 240–242 [in Ukrainian].
  6. Bratchun V. I., Stolyarova N. A., Bepalov V. L., & Rybalko I. F. (2007). Litye asfaltobetonny povyshennoj dolgovechnosti [Long-life mastic asphalt concrete]. *Visti Avtomobilno-dorozhnoho instytutu*. 1(4), 143–146 [in Russian].
  7. Zolotarov V. O., Tkachuk Yu. P., & Helmer V. V. (1983) Mekhanichni vlastyosti lytoho asfaltobetonu [Mechanical properties of mastic asphalt concrete]. *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*. (32), 67–72 [in Russian].
  8. Onyshchenko A. M. (2016). Analiz rezultativ koliinosti v lytomu asfaltobetonі «husasfalt» [Analysis of gauge results in mastic asphalt "gusasfalt"]. *Stroitelnye materialy i izdeliya*. (1), 72–74 [in Ukrainian].
  9. Sumishi asfaltobetonni ta asfaltobetonny lyti. Tekhnichni umovy. [Construction Materials. Mixes are asphalt concrete and mastic asphalt concrete. Technical specifications]. (2013). *SOU 42.1-37641918-106:2013 from 1<sup>st</sup> November 2013*. Kyiv: Derzhavna sluzhba avtomobilnykh dorih Ukrainy [in Ukrainian].
  10. Sang Luo, Zhendong Qian, Xu Yang, & Hui Wang. (2017). Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. (156), 131–141.
  11. Bitumomineralni sumishi. Tekhnichni umovy. Chastyna 6. Lytyi asfaltobeton. [Bituminous mixtures - Material specifications. Part 6: Mastic Asphalt]. (2018). *DSTU EN 13108-6:2018 from 1<sup>st</sup> July 2019*. Kyiv: SE «UkrNDNC» [in Ukrainian].
  12. BS EN 12697-20:2012. Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt. Part 20: Indentation using cube or cylindrical specimens (CY). [Published 2012-05-31]. The publication is official. London: British Standard Institute (BSI). 2012, 22 p.
- Оксак Сергій Володимирович**, к.т.н., доц. каф. технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ім. М.І. Волкова, [sv.oksak@gmail.com](mailto:sv.oksak@gmail.com), тел. +38 066-715-27-52, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.
- Ільїн Ярослав Вікторович**, м.н.с. каф. технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії ім. М.І. Волкова, [yailin12011993@gmail.com](mailto:yailin12011993@gmail.com), тел. +38 050-144-50-64,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

**Вайл Михайло Шасевич**, завідувач сектору розробки засобів технічного нагляду, 4112945@gmail.com, тел. +38 050-411-29-45

Державне підприємство «Науково-технічний центр "Дорожній контроль якості"», 02160, Україна, м. Київ, вул. Каунаська, 3.

### Литые асфальтобетоны на высоковязких специальных и компаундированных нефтяных битумах

**Аннотация.** Приведены результаты исследования свойств литых асфальтобетонов на основе высоковязких дорожных битумов 20/30, 35/50 и специального битума UNIBIT 35/50-57/69 европейского производства, а также битума, полученного путем компаундирования традиционного нефтяного дорожного битума БНД 60/90 и нефтяного строительного битума БНС 90/10.

**Ключевые слова:** высоковязкий битум, подвижность смеси, литой асфальтобетон, физико-механические свойства, глубина вдавливания штампа.

**Оксак Сергей Владимирович**, к.т.н., доц. каф. технологии дорожно-строительных материалов и химии им. М.И. Волкова, sv.oksak@gmail.com, тел. +38 066-715-27-52,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

**Ильин Ярослав Викторович**, м.н.с. каф. технологии дорожно-строительных материалов и химии им. М.И. Волкова,

[yailin12011993@gmail.com](mailto:yailin12011993@gmail.com),

тел. +38 050-144-50-64,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

**Вайл Михаил Шасевич**, заведующий сектором разработки средств технического надзора, 4112945@gmail.com, тел. +38 050-411-29-45

Государственное предприятие «Научно-технический центр "Дорожний контроль качества"» 02160, Украина, г. Киев, ул. Каунасская, 3.

### Mastic asphalt concrete on high viscosity special and compound petroleum bitumen

**Abstract. Problem.** Mastic asphalts are effective as waterproof layers of the road construction. These materials are characterized by high deformability because of a high content of bitumen. Viscosity of a binder in a composition of mastic asphalt concrete can be raised to decrease deformability of a layer. There is no production of high-viscosity road bitumen in Ukraine. In this case to obtain high-viscosity bitumen viscous road bitumen can be composed with construction bitumen. **Goal.** The goal of the research

is to set the ability to produce high-quality mastic asphalts by using Ukraine-made bitumen with no polymer. The properties of produced asphalt concretes must meet the requirements of SOU 42.1.37641918-106:2016 and DSTU EN 13108-6:2018. **Methodology.** For this research four types of bitumen are used. Three of them are produced by "Lotos Asphalt" (Poland): high-viscous (20/30; 35/50) and special ("Unibit" 35/50-57/69), the fourth is the made-in-Ukraine compounded bitumen. Ukrainian bitumen was made by compound of road bitumen (БНД 60/90) and constructive bitumen (БНС 90/10). The mineral aggregates of the mastic asphalt concrete consist of granite crushed stone 5-10 mm grade, crushed granite sand 0-5 mm grade and limestone powder. The properties of mastic asphalt concrete were determined according to SOU 42.1.37641918-106:2016 and DSTU EN 13108-6:2018. **Results.** The significant influence of the amount, viscosity and type of bitumen in the composition of the mastic asphalt mixture on the physical and mechanical properties of the mastic asphalt concrete is shown. An opportunity of producing high-quality mastic asphalt concrete based at the compound bitumen is found out. The compound bitumen consists of 65 % road bitumen (БНД 60/90) and 35 % of construction bitumen (БНС 90/10). **Originality.** The comparison of the physical and mechanical properties of the mastic asphalt concrete based on the European bitumen and the Ukraine-made compound bitumen indicates a similarity of the obtained data. It approves the novelty of research. **Practical value.** By the results of the research the compound bitumen allows to produce high-performance mastic asphalt concrete. The properties of such an asphalt concrete are equal to the asphalt concrete based on high-viscous and special European bitumen.

**Key words:** high-viscosity bitumen, mixture mobility, mastic asphalt concrete, physical and mechanical properties, stamp indentation depth.

**Oksak Serhii**, Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof. Department of technologies of road-building materials and chemistry, sv.oksak@gmail.com, тел. +38 066-715-27-52, Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

**Ilyin Yaroslav**, Junior researcher. (Eng.), Department of technologies of road-building materials and chemistry, yailin12011993@gmail.com, тел. +38 050-144-50-64,

Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

**Vail Michael**, Head of Technological Supervision Methods Development Sector, 4112945@gmail.com, тел. +38 050-411-29-45

State Enterprise "Scientific and Technical Center "Road quality Control", 3 Kaunaska str, Kiiiv., 02160, Ukraine.