

УДК 625.8

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С КРОВЕЛЬНОЙ БИТУМНОЙ КРОШКОЙ

Я.Д. Игнатьева¹, Л.М. Парфенова²

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: janiignatieva@gmail.com¹, l.parfenova@psu.by²

Установлено влияние кровельной битумной крошки на физико-механические свойства асфальтобетонов марки ПДг-III/2,0 и ЩМБг 20-III/2,0. Определено оптимальное соотношение битумной крошки в комплексном вяжущем на основе битума БНД 70/100. Показано, что асфальтобетон ПДг-III/2,0 с кровельной битумной крошкой в составе битумного вяжущего имеет показатель водонасыщения ниже на 0,21%, предел прочности при сдвиге выше на 5,1 %, предел прочности при сжатии выше на 18,4% по сравнению с показателями физико-механических свойств асфальтобетона марки ПДг-III/2,0 на битумном вяжущем.

Ключевые слова: битумная кровельная крошка, комплексное вяжущее, асфальтобетон, физико-механические свойства.

PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE WITH ROOFING BITUMEN CHIPS

Y. Ignatieva¹, L. Parfenova²

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: janiignatieva@gmail.com¹, l.parfenova@psu.by²

The effect of roofing bitumen chips on the physical and mechanical properties of asphalt concrete of PDg-III/2,0 and SHMBg 20-III/2,0 has been established. The optimal ratio of bitumen chips in a complex binder based on BND 70/100 bitumen has been determined. It is shown that asphalt concrete PDg-III/2,0 with roofing bitumen chips as part of a bituminous binder has a water saturation index lower by 0,21%, shear strength is higher by 5,1%, compressive strength is higher by 18,4% compared with the indicators of physical and mechanical properties of asphalt concrete grade PDg-III/2,0 on a bitumen binder.

Keywords: bituminous roofing chips, complex binder, asphalt concrete, physical and mechanical properties.

Введение. В Республике Беларусь плотность сети автомобильных дорог общего пользования является одной из самых высоких среди стран – участниц Содружества Независимых Государств. За 1997 – 2016 годы уровень автомобилизации населения увеличился в 2,9 раза, протяженность автомобильных дорог общего пользования возросла в 1,6 раза, а объем финансирования дорожных работ без учета кредитных средств для реконструкции и строительства автомобильных дорог уменьшился в 1,5 раза [1].

Анализ существующих научных разработок показывает, что значительного снижения стоимости асфальтобетонных смесей можно достигнуть за счет снижения расхода

наиболее дорогостоящего компонента – битумного вяжущего, путем частичной его замены битумосодержащим вторичным сырьем. Одним из таких сырьевых компонентов являются отходы битумных кровельных материалов, образующиеся при ремонте мягких кровель. В Республике Беларусь ежегодно ремонтируется 1,5-2 миллиона квадратных метров битумных кровель и образуется порядка ста тысяч тонн кровельных отходов. Отмечается, что битум, находясь в межслойных промежутках, не испытывает разрушительных воздействий солнечной радиации, а также не подвергается химическим изменениям [2].

Таким образом, исследования направленные на изучение возможности применения отходов кровельных материалов в качестве модификатора дорожного асфальтобетона является актуальной задачей.

Основная часть. Для проведения исследования изготавливались образцы двух асфальтобетонных смесей, согласно СТБ 1033 [3] : смесь песчаная горячая, типа Д, марки III, с показателем сдвигоустойчивости 2,0 (ПДг-III/2,0 СТБ 1033-2016); смесь щебенистая мелкозернистая горячая, типа Б, марки III, с максимальной крупностью заполнителя 20 мм, с показателем сдвигоустойчивости 2,0 (ЩМБг-20-III/2,0 СТБ 1033-2016).

Применяемые материалы для приготовления асфальтобетонных смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Сырьевые компоненты асфальтобетонных смесей

Наименование материала	Карьер	ТНПА
Минеральная часть асфальтобетона		
Отсев из материалов дробления	РУПП «Гранит»	ГОСТ 31424
Песок природный	Карьер «Рожново»	ГОСТ 8736
Минеральный порошок	ОАО «Доломит»	ГОСТ 16557
Щебень	РУПП «Гранит»	ГОСТ 8267
Вяжущее		
Битум БНД70/100	ОАО «Нафтан»	ГОСТ 11955 ГОСТ 22245 СТБ 1220
Битумные кровельные отходы	ООО «БелРецикл»	СТБ 1705

Испытания материалов на соответствие требованиям нормативных документов проводилось по показателям СТБ 1033 [3].

Битумные кровельные отходы ООО «БелРецикл» представляют собой «хлопья» (рисунок 1, а) и «крошку» (рисунок 1, б).



а) – битумные хлопья; б) – битумная крошка

Рисунок 1. – Кровельные отходы

Для создания модифицированного вяжущего использовалась битумная крошка с содержанием вяжущего 39,8 % по массе. Испытания битумной крошки проводились согласно ГОСТ 8269.0 [4]. Гранулометрический состав битумной крошки представлен в таблице 2. Физико-механические свойства битумной крошки представлены в таблице 3.

Таблица 2. – Гранулометрический состав битумной крошки

Наименование материала	Массовая доля, %, зерен мельче, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Битумная крошка	3,3	2,8	5,9	16,7	19,7	8,2	17,4	14,8	8,7	1,6

Таблица 3. – Физико-механические свойства битумной крошки

ТНПА, устанавливающие требования к показателю испытаний	Наименование показателя	Значение показателей	
		По ТНПА	Фактически полученные
ГОСТ 8269.0	Полные остатки на контрольных ситах, % по массе (требования для асфальтогранулята А2)	1,25D – до 2,5 D – до 10 0,5D – от 10	25 мм – 0,2 20 мм – 3,3 10 мм – 12,0
	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе	не более 5,0	0,6
	Насыпная плотность, кг/м ³	681	-

Комплексное вяжущее получали путем замены части битума кровельной крошкой в количестве 5%, 10%, и 15% от массы вяжущего. Показатели качества вяжущего определялись согласно требованиям СТБ EN 12591 [5]. Пенетрационное испытание комплексного вяжущего проводилось согласно СТБ EN 1426 [6]. Результаты испытания представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Консистенция комплексного битумного вяжущего

Содержание кровельной крошки в битуме БНД 70/100, % от массы вяжущего	Глубина проникновения иглы при 25оС, мм	Значение показателя по СТБ EN 12591
0	80	70-100
5	78	
10	75 (49,3)	
15	67	

При содержании в комплексном вяжущем кровельной крошки в количестве 15% от массы битума значение глубины проникновения иглы (пенетрации) не соответствует СТБ EN 12591 [5]. Данное вяжущее не может использоваться в асфальтобетонных смесях. Для проведения дальнейших испытаний принято комплексное вяжущее, содержащее кровельную крошку в количестве 10 % от массы вяжущего.

Подбор состава асфальтобетонных смесей выполнялся согласно приложению А таблица А.1 СТБ 1033 [3].

Рекомендуемое содержание вяжущего составляет:

6,8 % от массы минеральной части для асфальтобетона ПДг –III/2,0;

5,6% от массы минеральной части для асфальтобетона ЩМБг20-III/2,0;

Составы асфальтобетонных смесей ПДг-III/2,0, ЩМБг20-III/2,0 на битумном и комплексном вяжущих представлены в таблицах 5, 6.

Таблица 5. – Составы асфальтобетонной смеси ПДг-III/2,0

Наименование материала	Расход материалов, %, для смеси	
	на битумном вяжущем	на комплексном вяжущем
Отсев из материалов дробления горных пород	43	43
Песок природный	49	49
Минеральный порошок	8	8
Битум БНД 70/100	6,8	6,12
Кровельная крошка	-	0,68

Таблица 6. – Составы асфальтобетонной смеси ЩМБг20-III/2,0

Наименование материала	Расход материалов, %, для смеси	
	на битумном вяжущем	на комплексном вяжущем
Щебень фр. от 5 до 20 мм.	37	37
Отсев из материалов дробления горных пород	13	13
Песок природный	43	43
Минеральный порошок	7	7
Битум БНД 70/100	5,6	5,04
Кровельная крошка	-	0,56

Для определения физико-механических свойств асфальтобетона изготавливались стандартные образцы согласно СТБ 1115 [7] методом прессования. Минеральные материалы в количестве, соответствующем составу смеси, помещали в емкость, нагревали до 160°C, периодически помешивая и добавляя необходимое количество минерального порошка комнатной температуры. К минеральным материалам добавлялось требуемое количество комплексного вяжущего, предварительно нагретого в отдельной емкости до 150°C. Смесь минеральных материалов предварительно перемешали с комплексным вяжущим.

Для изготовления образцов использовалось следующее оборудование:

- форма для изготовления образцов, представляющая собой стальной полый цилиндр;
- пресс гидравлический, для уплотнения образцов, обеспечивающий давление на образец до 40 МПа, с погрешностью измерения нагрузки не более 2 %;
- сушильный шкаф;
- весы настольные циферблатные;
- секундомер.

Перед изготовлением образцов внутренние поверхности формы и вкладышей протирали тканью, смоченной машинным маслом. Формы, вкладыши и нож нагревались до 100°C. Форма со вставленным нижним вкладышем наполнялась асфальтобетонной смесью. Форму заполнялась смесью в три приема с послойным штыкованием

нагретым ножом. Затем вставлялся верхний вкладыш, нижний вкладыш должен выступать из формы не менее чем на 2 см. Форма со смесью устанавливалась на нижнюю плиту пресса для уплотнения. В течение 1 мин давление на уплотняемую смесь доводилось до 40 МПа и выдерживалось 3 минуты. Затем нагрузка снималась. Образец извлекался из формы при помощи выжимного приспособления и помещался на гладкую ровную поверхность до проведения испытаний.

Согласно СТБ 1115 [7] определялись: средняя плотность, средняя плотность минеральной части асфальтобетона, водонасыщение асфальтобетона, предел прочности асфальтобетона при сжатии и сдвиге при 50°C.

Результаты определения физико-механических характеристик асфальтобетона ПДг-III/2,0, ЩМБг20-III/2,0 представлены в таблицах 7, 8.

Таблица 7. – Физико-механические характеристики асфальтобетона ПДг-III/2,0 на комплексном и битумном вяжущих

Наименование показателя, единицы измерения	Значение показателя для асфальтобетона		
	на комплексном вяжущем	на битумном вяжущем, битум БНД70/100	по СТБ 1033
Средняя плотность, ρ_m^a , г/см ³	2,35	2,341	не норм.
Водонасыщение, W, %	2,395	2,601	1,0 - 4,0
Набухание, Н, %	0,092	0,03	не > 1,0
Предел прочности при сжатии 50°C, $R_{сж50}$ МПа	1,302	1,1	не < 1,1
Предел прочности при сдвиге 50°C, $R_{сд50}$ МПа	2,05	1,95	не < 1,8

Таблица 8. – Физико-механические характеристики асфальтобетона ЩМБг20-III/2,0 на комплексном и битумном вяжущих

Наименование показателя, единица измерения	Значение показателя для асфальтобетона		
	на комплексном вяжущем	на битумном вяжущем, битум БНД70/100	по СТБ 1033
Средняя плотность, ρ_m^a , г/см ³	2,38	2,42	не норм.
Водонасыщение, W, %	1,99	2,65	1,0 - 4,0
Набухание, Н, %	0,09	0,08	не > 0,9
Предел прочности при сжатии 50°C, $R_{сж50}$ МПа	2,102	2,399	не < 1,0
Предел прочности при сдвиге 50°C, $R_{сд50}$ МПа	2,12	2,51	не < 2,2

Из анализа полученных данных следует, что по сравнению с показателями физико-механических свойств асфальтобетона марки ПДг-III/2,0 на битумном вяжущем у асфальтобетона на комплексном вяжущем показатель водонасыщения ниже на 0,21%, предел прочности при сдвиге выше на 5,1 %, предел прочности при сжатии выше на 18,4%. Показатель набухания у образцов асфальтобетона на комплексном вяжущем увеличился в три раза. Согласно требованиям СТБ 1033 [3] асфальтобетонная смесь ПДг-III/2,0 соответствует по всем показателям: водонасыщению, набуханию, пределу прочности при сдвиге и сжатии при температуре 50°C.

По сравнению с показателями физико-механических свойств асфальтобетона марки ЩМБг20-III/2,0 на битумном вяжущем у асфальтобетона на комплексном вяжущем показатель водонасыщения ниже на 0,66 % или в 1,3 раза, предел прочности при сжатии ниже на 12,4%, предел прочности при сдвиге ниже на 15,5 %. Показатель набухания у образцов асфальтобетона на комплексном вяжущем увеличился на 12,5%. Согласно требованиям СТБ 1033 [3] асфальтобетонная смесь асфальтобетона ЩМБг20-III/2,0 соответствует по следующим показателям: водонасыщение, набухание и предел прочности при сжатии при температуре 50°C, но не соответствует требованиям по пределу прочности при сдвиге при температуре 50°C.

Заключение. Применение комплексного вяжущего на основе битума БНД70/100 и кровельной битумной крошки в количестве 10 % от массы вяжущего более эффективно в составе асфальтобетона марки ПДг-III/2,0, который соответствует требованиям СТБ 1033 по показателям: водонасыщение, набухание, предел прочности при сдвиге и сжатии при температуре 50°C. Асфальтобетонная смесь марки ПДг-III/2,0 может быть рекомендована для устройства покрытия автомобильных дорог IV и V категорий и для устройства покрытий улиц населенных пунктов категорий Е, Ж, З, П. Применение асфальтобетонной смеси ЩМБг20-III/2,0 на комплексном вяжущем является не допустимым, т.к. данная марка асфальтобетона не соответствует требованиям СТБ 1033 [3] по пределу прочности при сдвиге при температуре 50°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республики Беларусь на 2017-2020 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 21 марта 2019 г., № 185 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/C21900185_1553720400.pdf. – Дата доступа: 28.03.2019.
2. Устинов, Д.Б. Рециклинг кровельного битума: технические решения, оборудование, расчеты / Д.Б. Устинов // Строительная газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cnb.by/servisy/novosti/recikling-krovelnogo-bituma-tehnicheskie-resheniya-oborudovanie-raschety.html>. – Дата доступа: 11.10.2019.
3. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033-2016. – Взамен СТБ 1033-2004; введ.27.01.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 4 с.
4. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний: ГОСТ 8269.0-97.: Введ. 01.01.1999 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 2 с.
5. Битумы дорожные. Технические требования и методы испытаний: СТБ EN 12591-2010: Введ. 28.04.2010 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 2 с.
6. Битум и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы: СТБ EN 1426-2007: Введ. 29.09.2009 – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. – 1 с.
7. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний: СТБ 1115-2013: Взамен СТБ 1115-2004; введ.31.10.2013. – Минск: Госстандарт РБ, 2007. – 11 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72(082)

Редакционная коллегия:
Р. М. Платонова (председатель),
В. В. Васильева (отв. секретарь),
Л. М. Парфенова, Е. Д. Лазовский, В. Е. Овсейчик

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ [Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 26–27 нояб. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Р. М. Платонова [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R).

ISBN 978-985-531-734-1.

Представлены итоги исследований, освещающие проблемы истории архитектуры, градостроительства и искусства, современной архитектуры, дизайна и строительства, научно-методические проблемы преподавания архитектурных, дизайнерских и строительных дисциплин.

Предназначен для специалистов в области архитектуры и проектирования, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов архитектурных, дизайнерских и строительных специальностей.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59 95 11, e-mail: r.platonowa@psu.by; u.auseichyk@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-734-1

© Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
АРХИТЕКТУРЫ БЕЛОРУССКОГО ПОДВИНЬЯ
И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ**

Электронный сборник статей

МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Новополоцк, 26–27 ноября 2020 г.)

Технический редактор *А. А. Прадидова*.
Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 27.04.2021.
Объем издания: 11,4 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>