

УДК 625.756

К. Р. ГУБА^б, А. Г. ВЕЛИЧКО^а, А. А. ПАНАСЕНКО^а, А. И. КОСИК^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,^б Автомобильно-дорожный институт «Донецкий национальный технический университет»

МОДИФИКАЦИЯ БИТУМА АСФАЛЬТНОГО ГРАНУЛЯТА

Аннотация. В настоящее время финансирование дорожной отрасли на территории Донецкой Народной Республики выполняется в неполном объеме по ряду причин, независящих от самой дорожной отрасли. Поэтому возникает вопрос поиска новых, более экономичных материалов по производству асфальтобетонных смесей для выполнения ремонтных работ и технологических операций, позволяющих выполнить эти работы. Рассматривается возможность использования материалов, получаемых фрезерованием старого асфальтобетона при ремонте нежесткой дорожной одежды, которые образуются в большом количестве. Применение регенерированного асфальтобетона позволит снизить затраты на новый дорогой минеральный материал (щебень, песок, минеральный порошок) и органическое вяжущее. При выполнении ремонтных работ происходит снятие старого асфальтобетона, который может быть использован как самостоятельный материал, так и как компонент вновь приготавливаемой асфальтобетонной смеси. Регенерируемая асфальтобетонная смесь требует незначительного улучшения физико-механических свойств битума, находящегося в старом асфальтобетоне.

Ключевые слова: старый асфальтобетон, регенерация асфальтобетонных покрытий, асфальтный гранулят, битум, модификация, модифицирующие добавки.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основным требованием при производстве дорожно-строительных материалов является снижение энергетических затрат, ресурсоемкости, использования местных материалов и отходов промышленности [1, 2]. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что достигнуть вышеперечисленного возможно использованием в качестве материала для дорожно-ремонтных работ старого асфальтобетона, полученного фрезерованием нежесткого дорожного покрытия как внегородских автомобильных дорог, так и дорог дорожно-уличной сети. Опыт использования в странах СНГ, Германии, США, Китая и др. подтверждает возможность использования асфальтного гранулята в новой асфальтобетонной смеси с обязательным обеспечением качества органического вяжущего (битума), находящегося в нем [2–4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В своих работах В. Ф. Бабков, Г. К. Сюньи, Л. Б. Гезенцевей, Н. В. Горельшев, Г. С. Бахрах, Л. В. Билай, В. А. Золотарев и др. рассматривают вопрос повторного использования старого асфальтобетона при строительстве и реконструкции асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог [3, 5–7]. В процессе эксплуатации автомобильных дорог асфальтобетонное покрытие подвергается изнашиванию и разрушению. В асфальтобетоне подвергаются дроблению минеральные материалы и старению органические вяжущие, которые изменяют свои физико-механические свойства под действием механических и дорожно-климатических воздействиях [2, 3, 5–9].

Целью работы является поиск модифицирующих материалов для улучшения физико-механических свойств битума, находящегося в асфальтном грануляте.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В связи с тем, что 90 % эксплуатируются нежесткие дорожные одежды, то материалом для ремонтных работ нежесткого дорожного покрытия являются асфальтобетонные смеси. Материалы,

© К. Р. Губа, А. Г. Величко, А. А. Панасенко, А. И. Косик, 2022

входящие в состав асфальтобетонной смеси, с каждым годом становятся дороже, что влечет за собой удорожание самой смеси и выполнения дорожно-ремонтных работ. Поиск путей снижения цен на материалы поднимает вопрос о возможности использования местных материалов, отходов промышленности и повторной переработки отходов, получаемых при проведении дорожно-ремонтных работ на дорожном покрытии.

Анализ отечественного и зарубежного опыта о возможности использования асфальтного гранулята показывает, что до 20...30 % от общего объема выпускаемой асфальтобетонной смеси составляют смеси с асфальтным гранулятом [3, 6, 8–10]. Во фрезерованном асфальтобетоне содержится:

– минеральный материал, который не изменил своих характеристик во время эксплуатации и фрезерования покрытия;

– битум, который соединяет частицы минеральных материалов и в процессе эксплуатации подвергается старению в результате испарения, окисления, полимеризации углеводородов, что приводит к снижению деформационных свойств пленок битума.

Содержание битума во фрезерованном асфальтобетоне составляет 3...8 %. Следовательно, данный материал можно рассматривать как альтернативный строительный материал. Кроме всего, использование асфальтного гранулята позитивно повлияет на окружающую среду, так как не будет складироваться в отвалах или вдоль дороги.

Физико-механические свойства битума, находящегося в асфальтном грануляте, можно повысить введением модифицирующих добавок. В настоящее время все модифицирующие добавки объединены в следующие группы [6, 8–12]:

1. Термопластичные эластомеры (СБС, Элвалой, бутадиен стирольный каучук) – 61 % потребления.

2. Термопластичные пластимеры (этилен-винил-ацетат, полипропилен, полиэтилен) – 19 % потребления.

3. Химические модификаторы (сера, металлсодержащие соединения) – 14 % потребления.

4. Резиносодержащие полимеры (мелкодисперсная резиновая крошка) – вторично используемое сырье.

Основными функциями модификатора используемого для восстановления свойств битума, являются [6, 8–12]:

1. Расширение диапазона рабочей температуры битума.

2. Обеспечение стойкости асфальтобетона к деформации за счет высокой степени эластичности модифицированного битума.

3. Замедление процесса старения асфальтобетонов.

Модификацию битума, находящегося в асфальтном грануляте, можно выполнить несколькими способами [6, 8–12]:

1. В битум можно вводить: термопластичные полимеры, БПК, терморезактивные полимеры.

2. В асфальтобетонную смесь, можно вводить минеральный порошок, модификаторы на основе резиновой крошки.

При модификации дорожных битумов хорошо себя зарекомендовали блоксополимеры стирола типа СБС (группа KRATON D фирмы «Shell», группа Финопрен фирмы «Petrofina», группа Европерен Сол Т фирмы «Enichem», Калпрен фирмы «Repsoil», отечественные термоэластопласты группы ДСТ Воронежского завода СК). Данные модифицирующие добавки позволяют сохранять способность к эластичным деформациям при температурах от $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такая способность к эластичным деформациям возможна за счет пространственной структурной сетки, которая образуется за счет связей между блоками макромолекул бутадиена и стирола (рисунок). Трехблочные молекулы, расположенные по краям, имеют максимально прочные связи между макромолекулами особенно при температуре до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. При растворении в битуме блоксополимера с такой пространственной сеткой битум получает максимально высокую прочность, что приводит к повышению теплостойкости по сравнению с первоначальным битумом.

Также необходимо отметить, что, кроме высокой прочности, битум получает очень низкую температуру стеклования, что позволяет обеспечить необходимую температуру его хрупкости.

Блоксополимеры типа СБС хорошо набухают в углеводородах битума и частично в них растворяются при температуре $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Исследования, выполненные рядом ученых [6, 8–12], показали, что для большего растворения блоксополимеров в битуме необходимо применять пластификаторы в виде индустриального масла (марки И-20А, И-30А, И-40А, И-50А) и нефтяных гудронов. Применение индустриального масла или нефтяных гудронов повышает растворимость блоксополимеров, незначительно снижая адгезионные свойства битума, при этом битум получает хорошую эластичность.



Рисунок – Схематичное изображение линейного и пространственного термопластичного блоксополимера.

Модификация битума в асфальтном грануляте позволяет «вернуть» физико-механические свойства стандартного битума, не нарушая нормативных требований, предъявляемых к вяжущим материалам, содержащимся в асфальтобетонной смеси [13]. Чтобы подтвердить соответствие свойств модифицированного битума, можно воспользоваться оценкой сцепления битума с поверхностью минерального материала. Оценка выполняется в соответствии с ГОСТ 11508-74 по пятибалльной шкале:

- 5 баллов – поверхность минерального материала покрыта битумом полностью;
- 4 балла – поверхность минерального материала покрыта битумом не полностью, не менее 90 %;
- 3 балла – поверхность минерального материала покрыта битумом не полностью, не менее 75 %;
- 2 балла – поверхность минерального материала покрыта битумом не полностью, менее 75 %;
- 0 баллов – поверхность минерального материала битумом не покрыта.

Результаты исследований показывают, что введение модифицирующей добавки в асфальтный гранулят для модификации старого битума позволяет улучшить прочность, теплостойкость и эластичность битума.

ВЫВОД

Таким образом, можно сделать вывод, что использование старого асфальтобетона, в виде асфальтного гранулята в новой асфальтобетонной смеси является вопросом актуальным и необходимым. Накопленный опыт отечественных и зарубежных ученых свидетельствует о преимуществах при модификации битумов блоксополимерами по сравнению с обычным битумом. Также необходимо отметить, что при модификации битума, находящегося в асфальтном грануляте, происходит повышение прочности, эластичной деформации, снижение температуры стеклования, что обеспечивает снижение температуры хрупкости и повышение трещиностойкости асфальтобетона.

Асфальтный гранулят целесообразно использовать при производстве асфальтобетонных смесей, которые будут применены при ремонте покрытий нежестких одежд дорожных автомобильных дорог. Применение асфальтного гранулята снизит затраты на новые дорожные минеральные материалы и битум, а также энергоресурсы, машины и механизмы. Вовремя выполненные ремонтные работы увеличат межремонтные сроки службы дорожных покрытий автомобильных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щукина, Е. Г. Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности при производстве строительных материалов : учебное пособие / Е. Г. Щукина, Р. Р. Бепле, Н. В. Архинчева. – Улан-Уде : Изд-во ВСГТУ, 2004. – 110 с. – Текст : непосредственный.
2. Горельшева, Л. А. Новые эффективные методы ремонта, содержания и совершенствования асфальтобетонных покрытий : Обзорная информация / Л. А. Горельшева. – Москва : Информавтодор, 2006. – 104 с. – Текст : непосредственный.
3. Сюньи, Г. К. Регенерированный дорожный асфальтобетон / под редакцией проф. Г. К. Сюньи. – Москва : Транспорт, 1984. – 118 с. – Текст : непосредственный.

4. Губа, К. Р. О целесообразности повторного использования старого асфальтобетона / К. Р. Губа. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2020-1(141) Современные строительные материалы. – С. 39–44. – URL : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1\(141\)_maket.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-1(141)_maket.pdf) (дата публикации: 17.02.2020).
5. Бахрах, Г. С. Усталостное разрушение асфальтобетонных покрытий и пути замедления этого процесса / Г. С. Бахрах. – Текст : непосредственный // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог : Экспресс-информация ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – 1980. – Выпуск 9. – 40 с.
6. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов / В. А. Золотарев. – Харьков : Вища школа, 1977. – 116 с. – Текст : непосредственный.
7. Братчун, В. И. Физико-химическая механика строительных материалов : учебник для студентов высших учебных заведений / В. И. Братчун, В. А. Золотарев, М. К. Пактер [и др.] ; МОН Украины ; ДонНАСА-ХНАДУ. – Донецк : изд-во «Ноулиндж», 2013. – 338 с. – Текст : непосредственный.
8. Durrieu, F. The influence of UV aging of a Styrene/Butadiene/Styrene modified bitumen: Comparison between laboratory and on site aging / F. Durrieu, F. Farcas, V. Mouillet. – Текст : непосредственный // Fuel. – 2007. – № 86. – P. 1446–1551.
9. Lesueur, D. The colloidal structure of bitumen: consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification / D. Lesueur. – Текст : непосредственный // Advances in Colloid and Interface Science. – 2000. – № 145(1-2). – P. 42–82.
10. Bonvallet, J. Recyclage au liant mixte in situ avec un MCR 250 / J. Bonvallet, A. Cipriani. – Текст : непосредственный // Revu Generale des Routes. – 2002. – № 812, decembre. – P. 29–33.
11. Губа, К. Р. Показатели, характеризующие старение битума и асфальтобетона / К. Р. Губа. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2020. – Выпуск 2020-4(144) Научно-технические достижения студентов, аспирантов, молодых ученых строительной-архитектурной отрасли. – С. 58–66. – URL : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-4\(144\)_maket.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2020/vestnik_2020-4(144)_maket.pdf) (дата публикации: 22.06.2020).
12. Губа, В. В. Анализ полимерных модификаторов, их влияние на структуру и свойства битума / В. В. Губа, К. Р. Губа. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : межвузовский сборник научных статей. – Самара : СГТУ. – 2021. – С. 97–102.
13. ГОСТ Р 55052-2012. Гранулят старого асфальтобетона. Технические условия = Reclaimed asphalt. Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2012 г. N 705-ст : введен впервые : дата введения 2013-07-01 / разработан ФАУ «ФЦС». – Москва : Национальный стандарт Российской Федерации, 2012. – 11 с. – Текст : непосредственный.

Получена 11.01.2022

К. Р. ГУБА^b, А. Г. ВЕЛИЧКО^a, А. А. ПАНАСЕНКО^a, О. І. КОСИК^a

МОДИФІКАЦІЯ БІТУМУ АСФАЛЬТНОГО ГРАНУЛЯТУ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b Автомобільно-дорожній інститут ДООУ ВПО «Донецький національний технічний університет»

Анотація. На даний час фінансування дорожньої галузі на території Донецької Народної Республіки здійснюється в неповному обсязі з ряду причин, незалежних від самої дорожньої галузі. Тому виникає питання пошуку нових, більш економічних матеріалів з виробництва асфальтобетонних сумішей для виконання ремонтних робіт і технологічних операцій, що дозволяють виконати ці роботи. Розглядається можливість використання матеріалів одержуваних фрезеруванням старого асфальтобетону при ремонті нежорсткого дорожнього одягу, які утворюються у великій кількості. Застосування регенованого асфальтобетону дозволить знизити витрати на новий дорогий мінеральний матеріал (щебінь, пісок, мінеральний порошок) і органічне в'язуче. При виконанні ремонтних робіт відбувається зняття старого асфальтобетону, який може бути використаний як самостійний матеріал, так і як компонент по-новому приготовленої асфальтобетонної суміші. Регенована асфальтобетонна суміш вимагає незначного поліпшення фізико-механічних властивостей бітуму, що знаходиться в старому асфальтобетоні.

Ключові слова: старий асфальтобетон, регенерація асфальтобетонних покриттів, асфальтний гранулят, бітум, модифікація, модифікуючі добавки.

KONSTANTIN GUBA ^b, ANDREY VELICHKO ^a, ANDREY PANASENKO ^a,
ALEXANDER KOSIK ^a

MODIFICATION OF ASPHALT GRANULATE BITUMEN

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Automobile and Road Institute «Donetsk National Technical University»

Abstract. Currently, financing of the road industry in the territory of the Donetsk People's Republic is carried out in incomplete volume for a number of reasons independent of the road industry itself. Therefore, the question arises of finding new, more economical materials for the production of asphalt-concrete mixes to perform repairs and technological operations that allow you to perform these works. The possibility of using materials obtained by milling old asphalt concrete in the repair of non-rigid road surface, which is formed in large quantities, is considered. The use of regenerated asphalt concrete will reduce the cost of new expensive mineral materials (crushed stone, sand, mineral powder) and organic binder. When performing repairs, the old asphalt concrete is removed, which can be used as an independent material, or as a component of the newly prepared asphalt concrete mixture. The regenerated asphalt mix requires a slight improvement in the physical and mechanical properties of bitumen found in old asphalt concrete.

Key words: old asphalt concrete, regeneration of asphalt concrete surfaces, asphalt granulate, bitumen, modification, modifying additives.

Губа Константин Романович – ассистент кафедры общинженерных дисциплин автомобильно-дорожного института ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: использование старого асфальтобетона для приготовления новых смесей; возможность модифицирования вяжущего.

Величко Андрей Георгиевич – главный инженер ГП «АВТОДОР» департамента автомобильных дорог Министерства транспорта ДНР; старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Панасенко Андрей Анатольевич – начальник Макеевского участка ООО «Донецкремдорстрой»; старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Косик Александр Иванович – директор департамента автомобильных дорог ООО «Донспецпром»; старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Губа Костянтин Романович – асистент кафедри загальноінженерних дисциплін автомобільно-дорожного інституту ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: використання старого асфальтобетону для приготування нових сумішей; можливість модифікування в'язучого.

Величко Андрій Георгійович – головний інженер ДП «АВТОДОР» департаменту автомобільних доріг Міністерства транспорту ДНР; старший викладач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних та довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих та комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини на компоненти композиційних матеріалів.

Панасенко Андрій Анатолійович – начальник Макіївської дільниці ТОВ «Донецькремдорбуд», старший викладач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних та довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих та комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини на компоненти композиційних матеріалів.

Косик Олександр Іванович – директор департаменту автомобільних доріг ТОВ «Донспецпром»; старший викладач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних та довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих та комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини на компоненти композиційних матеріалів.

Guba Konstantin – Assistant, General Engineering Disciplines Department, Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University. Scientific interests: the use of old asphalt concrete for the preparation of new mixtures; the possibility of modifying the binder.

Velichko Andrey – Chief Engineer of State Enterprise «AVTODOR» of the Department of Roads of the Ministry of Transport of the DPR; senior lecturer, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physicochemical mechanics of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on modified organic binders and complex modification of the structure of concrete; development of effective technologies for processing technogenic raw materials into components of composite materials.

Panasenko Andrey – Head of the Makeevsky section of Donetskkremdorstroy LLC; senior lecturer, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physicochemical mechanics of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on modified organic binders and complex modification of the structure of concrete; development of effective technologies for processing technogenic raw materials into components of composite materials.

Kosik Alexander – Director of the Department of Automobile Roads of Donspetsprom LLC; senior lecturer Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physicochemical mechanics of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on modified organic binders and complex modification of the structure of concrete; development of effective technologies for processing technogenic raw materials into components of composite materials.