

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.855.3

В. В. Губа, канд. техн. наук, Д. С. Рыжикова

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО

Рассмотрено влияние битума нефтяного дорожного, модифицированного резиновой крошкой, на прочностные свойства асфальтобетона. Приведены результаты лабораторных испытаний асфальтобетонных образцов, модифицированных органическим вяжущим.

***Ключевые слова:** битум, резиновая крошка, модификация, прочность, дорожное покрытие, смесь, органическое вяжущее*

Введение

Асфальтобетонная смесь является основным строительным материалом для устройства верхних дорожных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог. Во время эксплуатации дорожное покрытие подвергается различным силовым нагрузкам, температурным воздействиям, атмосферным осадкам, что приводит к дефектам, деформациям и разрушениям дорожного покрытия. Износ дорожного покрытия без ремонта приводит к образованию дефектов в виде трещин, колеи, разрушений, выбоин и т. д. [1, 2].

В условиях интенсивной эксплуатации для увеличения межремонтного срока службы дорожного покрытия необходимо повышать прочностные качества асфальтобетона путем совершенствования состава асфальтобетонной смеси, выполнив модификацию органического вяжущего. Повышение прочностных характеристик также можно выполнить, используя минеральные заполнители более прочных марок и за счет введения в асфальтобетонную смесь различных модифицирующих добавок.

Постановка проблемы

В последнее время к автомобильным дорогам предъявляются все более высокие транспортно-эксплуатационные требования. Это связано с постоянным ростом транспортно-го потока, а также возрастающими объемами перевозок грузов и пассажиров как в городских условиях, так и за чертой города.

При строительстве и ремонте дорожных покрытий автомобильных дорог применяется асфальтобетонная смесь, которая является устойчивой к внешним (климатическим и техногенным) воздействиям. Данную характеристику можно получить, используя в виде органического вяжущего битум нефтяной дорожный (БНД). Существующие марки битума не в полной мере могут удовлетворить возрастающим требованиям. Поэтому актуальным и своевременным является вопрос о возможности модифицирования вяжущего вещества (битума) [3, 4].

Анализ публикаций

С каждым днем многочисленные отходы производства и потребления значительно возрастают, что создает огромную экологическую проблему. Одним из самых многотоннажных видов отходов во всех странах мира являются изношенные шины автомобилей. Данный вид бытовых отходов уничтожают в основном путем сжигания или складирования на свалках, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды.

При сжигании резины в атмосферу выделяются ядовитые соединения – диоксин и фуран, а также тяжелые металлы и канцерогены. В странах дальнего и ближнего зарубежья большое внимание уделяется проблеме использования и утилизации изношенных автомобильных шин. Изношенные автомобильные шины являются основным источником получения дробленой резины [3, 5].

В отработанной автомобильной шине содержится:

- каучука – около 50 %;
- различных наполнителей – 35 %;
- стального корда – 6 %.

Прокопец В. С., Д. С. Волков и другие ученые провели исследования по введению резиновой крошки (РК) в битум и битумоминеральные смеси. По полученным результатам было предложено два основных метода введения РК в битум [3, 5]:

– сухой – введение резиновой крошки выполняется непосредственно в асфальтобетонную смесь;

– мокрый – введение резиновой крошки выполняется путем добавления ее в битум.

Исследования методов введения резиновой крошки показывают, что независимо от выбранного метода, для улучшения физико-механических свойств асфальтобетонной смеси, необходимо предварительно выполнить тонкое измельчение резиновых фрагментов [5, 6].

Цель исследования

Повышение прочности асфальтобетона за счет модифицирования органического вяжущего резиновой крошкой в оптимальных соотношениях.

Основной материал

В данной работе рассматривается способ повышения прочности асфальтобетона за счет модификации органического вяжущего резиновой крошкой. Резиновая крошка с фракционным диапазоном 0,25–0,75 мм была получена путем измельчения отходов резино-технических изделий и приобретена на заводе («Донтехрезина и Ко», г. Донецк). Введение РК выполняется путем введения ее в битум (мокрый способ введения).

Для выявления зависимости физико-механических свойств асфальтобетонной смеси от состава и количества компонентов был проведен ряд экспериментов по подбору оптимального состава смеси. Для оптимизации влияния факторов на физико-механические свойства асфальтобетонной смеси выбираем полный факторный эксперимент (ПФЭ).

При проведении данного эксперимента варьируем каждый фактор на трех уровнях: нижний, средний, верхний. Данное варьирование дает возможность реализовать все возможные сочетания уровней факторов. В качестве факторов были выбраны следующие компоненты с тремя уровнями варьирования:

- X_1 – процентное содержание щебня в асфальтобетонной смеси (согласно [3, 8] содержание щебня в асфальтобетоне типа Б должно быть в пределах 40–50 %);
- X_2 – процентное содержание битума в асфальтобетонной смеси (согласно [3, 8] содержание битума в асфальтобетоне типа Б должно быть в пределах 5–7 %);
- X_3 – процентное содержание резиновой крошки в битуме (от массы битума) (согласно [3, 8] содержание резиновой крошки в битуме должно быть в пределах 5–15 %).

Интервалы варьирования факторов представлены в таблице 1 и являются разностью между двумя его значениями, принятые за единицу при кодировании факторов.

Число опытов для трех уровней варьирования составляет 27. После математическо-статистической обработки испытаний и используя программное обеспечение Matlab R 2018b (9.5.0), были получены результаты по физико-механическим показателям (таблицы 2, 3) и поверхности отклика (рисунки 1–3).

Таблица 1 – Пределы варьирования факторов

Фактор	Обозначение	Диапазон фактора		Интервал варьирования ΔX	Значение фактора на нулевом уровне
		-1	+1		
Щебень, %	X_1	40	50	5	45
Битум, %	X_2	5	7	1	6
РК, %	X_3	5	15	5	10

Таблица 2 – Физико-механические показатели асфальтобетонной смеси

Наименование смеси	Средняя плотность, г/см ³	Средняя плотность минеральной части, г/см ³	Пористость минеральной части, %	Остаточная пористость, %
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б	2,187	2,041	17,93	11,34
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б с неактивированной резиновой крошкой	2,283	2,316	19,02	13,35
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б с активированной резиновой крошкой	2,313	2,163	18,03	12,29

Таблица 3 – Предел прочности при сжатии и водонасыщении образцов

Наименование смеси	Прочность при сжатии, МПа	Водонасыщение, %
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б	4,85	1,09
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б с неактивированной резиновой крошкой	5,08	1,18
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б с активированной резиновой крошкой	5,17	1,26

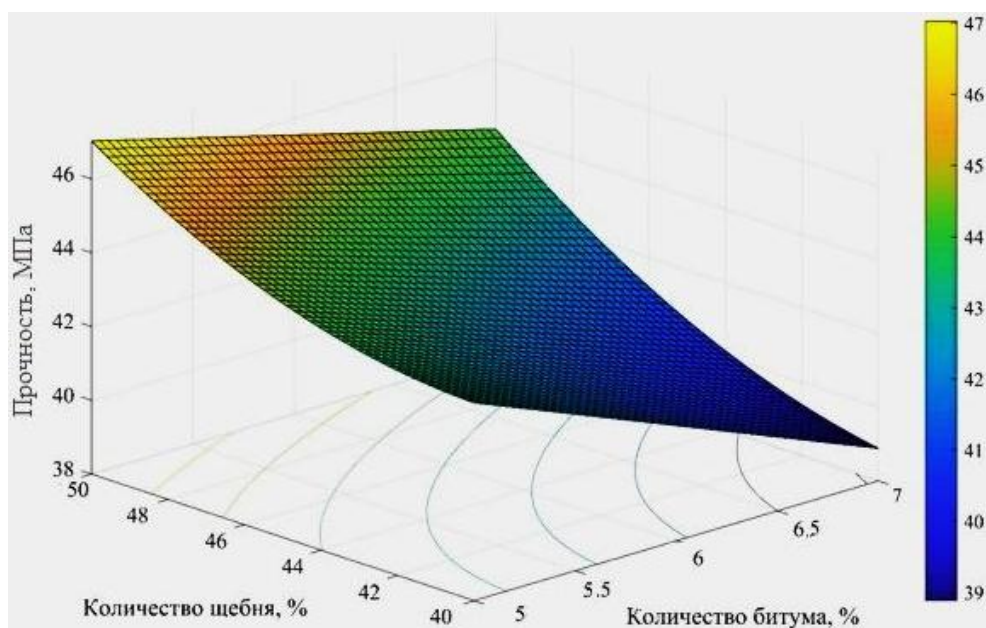


Рисунок 1 – График зависимости предела прочности асфальтобетона от количества щебня и битума

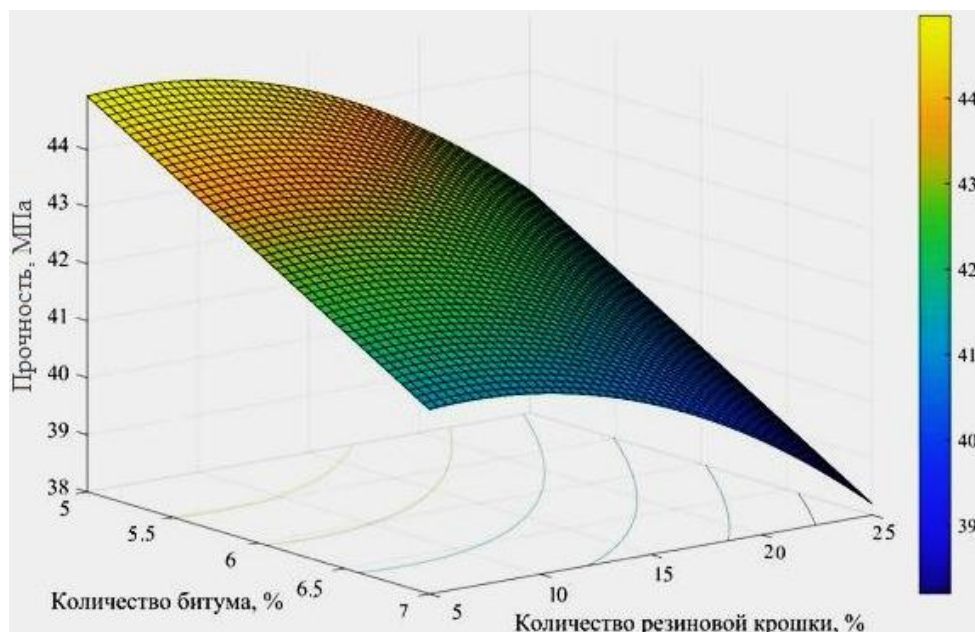


Рисунок 2 – График зависимости предела прочности асфальтобетона от количества битума и резиновой крошки

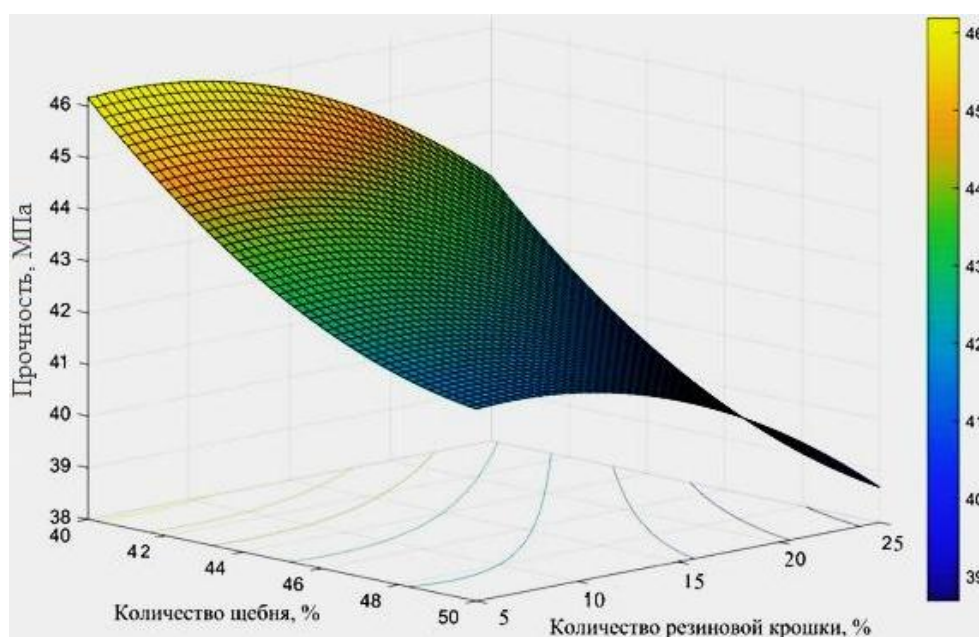


Рисунок 3 – График зависимости предела прочности асфальтобетона от количества щебня и резиновой крошки

На рисунке 1, показано увеличение прочности асфальтобетона от процентного содержания битума и щебня. На рисунке 2 показано снижение прочности асфальтобетона из-за увеличения процентного содержания битума и резиновой крошки. На участке, где РК используется от 5 % до 15 %, наблюдаем прогиб, который свидетельствует о максимальной прочности исследуемой смеси. На рисунке 3 показано, что максимальная прочность асфальтобетона, приготовленного на битуме, модифицированном РК, достигается на минимальных значениях уровней варьирования необходимого количества щебня и резиновой крошки.

Для приготовления образцов использовалась мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа Б. Материалы, которые использовались для приготовления смеси, были проверены на соответствие, согласно требованиям нормативных документов [3, 4, 8]. Приготовление сме-

си, и все лабораторные исследования выполнялись в лаборатории «Дорожно-строительные материалы» АДИ ГОУВПО «ДОННТУ».

Добавление РК фракции 0,25–0,75 мм в классическую рецептуру асфальтобетонной смеси составило 5–15 % от массы битума, что является оптимальным диапазоном согласно нормативным требованиям [3, 4, 8].

Смешение битума БНД 60/90 и РК осуществляли в лабораторной установке, оборудованной обогревом. Процесс модификации битума заключается в следующем:

- нагрев битума до температуры 180 °С;
- введение резиновой крошки в количестве 5–15 %;
- перемешивание со скоростью вращения вала мешалки 1000–1100 об/мин.

Для проведения лабораторных испытаний из предлагаемой смеси были приготовлены образцы (рисунок 4) следующих составов:

- мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б;
- мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б, с добавлением неактивированной резиновой крошки фракции 0,25–0,75 мм;
- мелкозернистая асфальтобетонная смесь, тип Б, с добавлением активированной резиновой крошки фракции 0,25–0,75 мм.



а – вид сверху; б – вид сбоку
Рисунок 4 – Сформованные образцы

Формование образцов выполнялось путем смешивания и уплотнения смеси под давлением 40 МПа в стальных формах. Сформованные образцы термостатировали при температуре не более 50 °С до постоянной массы в течение 1 часа. Отформованные образцы исследовали на следующие физико-механические свойства асфальтобетона по [3, 4]:

- средняя плотность минеральной части;
- пористость минеральной части;
- остаточная пористость лабораторных образцов;
- средняя плотность от объемной массы;
- предел прочности при сжатии при температуре 20 °С;
- прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии.

Заключение

Выполнив анализ полученных результатов (таблицы 1, 2 и рисунки 1–3), можно сделать вывод об оптимальном содержании материалов в асфальтобетонной смеси, в которой органическое вяжущее модифицировано резиновой крошкой фракцией 0,25–0,75 мм:

- щебень – 41,01 %;

- битум – 5,6 %;
- резиновая крошка – 12,5 %.

Полученный состав асфальтобетонной смеси, в которую входила активированная резиновая крошка, превысил предел прочности мелкозернистой асфальтобетонной смеси, тип Б, на 7,8 %.

Список литературы

1. Котлярский, Э. В. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации / Э. В. Котлярский, О. А. Воейко. – Москва : Академия, 2007. – 136 с. – ISBN 978-5-94385-023-3.
2. Губа, В. В. Дефекты асфальтобетонного покрытия / В. В. Губа, Д. С. Рыжикова // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы V международной научно-практической конференции, 22 мая 2019 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – С. 251–255.
3. ГОСТ Р 55419-2013. Материал композиционный на основе активного резинового порошка, модифицирующий асфальтобетонные смеси. Технические требования и методы испытаний : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 мая 2013 г. № 89-ст : введен впервые : дата введения 2013-07-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Метрологический центр РОСНАНО». – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.
4. Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением дробленой резины. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 34 с.
5. Прокопец, В. С. Модификация дорожного асфальтобетона резиновыми порошками механоактивационного способа получения : монография / В. С. Прокопец, Т. Л. Иванова. – Омск : СибАДИ. – 2012. – 116 с.
6. Руденский, А. В. Резинобитумные вяжущие. Различные варианты технологии приготовления / А. В. Руденский, О. Н. Никонова // Труды РОСДОРНИИ. – 2008. – Вып. 19/1. – С. 224–237.
7. Губа, В. В. Вторичное использование отходов производства для ремонта и строительства, автомобильных дорог / В. В. Губа, Д. С. Рыжикова // Актуальные проблемы строительства ЖКХ и техносферная безопасность : материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей (студентов, магистров, аспирантов), 22–27 апреля 2019 г. – Волгоград : ИАиС ВолгГТУ, 2019. – С. 106–108.
8. Рекомендации по применению битумно-резиновых композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог : отраслевой дорожный методический документ : издание официальное : утвержден Минтрансом России 12.05.2003 г. : дата введения 2003-05-12 / разработан ГП РОСДОРНИИЗАО ХК Автотехпрогресс НПГ ИНФОТЕХ. – Москва : РОСАВТОДОР, 2003. – 37 с.
9. Новые технологии получения битумно-резиновых композиционных вяжущих для дорожного строительства / В. В. Алексеенко, Р. Г. Житов, В. Н. Кижняев, А. В. Митюгин // Наука и техника в дорожной отрасли – 2010. – № 1. – С. 25–27.
10. Губа, В. В. Возможность модифицирования битума / В. В. Губа, Д. С. Луныкина // Первый шаг в науку : материалы студенческой открытой интернет-конференции, 3–4 апреля 2019 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2019. – С. 174–178.

В. В. Губа, Д. С. Рыжикова

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

**Повышение прочности асфальтобетона за счет использования
модифицированного органического вяжущего**

В статье рассмотрено как при помощи модификации органического вяжущего резиновой крошкой можно повысить прочностные характеристики асфальтобетонной смеси.

Проведен статистический анализ испытаний по подбору оптимального состава асфальтобетонной смеси с модифицированием органического вяжущего при помощи программного обеспечения «Matlab R 2018b (9.5.0)».

Выполнены лабораторные испытания образцов, которые были приготовлены из оптимально подобранной асфальтобетонной смеси в соответствии с требованиями нормативных документов.

Увеличение транспортной нагрузки ведет к быстрому износу и разрушению дорожного покрытия. Следовательно, вопрос повышения прочностных свойств асфальтобетонной смеси является своевременным и актуальным.

Полученная смесь может быть использована для ремонта автомобильных дорог, при этом в ее состав входят местные материалы и отходы резинотехнических изделий (автомобильные шины). Это позволяет снизить расходы на ремонт автомобильных дорог.

БИТУМ, РЕЗИНОВАЯ КРОШКА, МОДИФИКАЦИЯ, ПРОЧНОСТЬ, ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ, СМЕСЬ, ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЯЖУЩЕЕ

V. V. Guba, D. S. Ryzhikova

Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Improving the Strength of Asphalt Concrete by Using a Modified Organic Binder

The article describes how to improve the strength characteristics of an asphalt concrete mix by modifying an organic binder with a rubber crumb.

The statistical analysis of tests on the optimal composition selection of the asphalt concrete mix with the modification of the organic binder using the software «Matlab R 2018b (9.5.0)» is carried out.

Laboratory tests on samples, which were prepared from an optimally selected asphalt concrete mix in accordance with the requirements of regulatory documents, are carried out.

Increasing traffic load leads to rapid wear and destruction of road surfaces. Therefore, the question of improving the strength properties of asphalt concrete mix is timely and relevant.

The resulting mixture can be used for road repair, with local materials and waste rubber products (car tires) included. This allows to reduce the cost of road repair.

BITUMEN, RUBBER CRUMB, MODIFICATION, STRENGTH, ROAD SURFACE, MIX, ORGANIC BINDER

Сведения об авторах:

В. В. Губа

Телефон: +38 (0624) 55-20-26

Эл. почта: guba.viktoriya@mail.ru

Д. С. Рыжикова

Телефон: +38 (0624) 55-20-26

Эл. почта: lynyakina94@yandex.ru

Статья поступила 05.12.2019

© В. В. Губа, Д. С. Рыжикова, 2020

Рецензент: Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»