

## К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОМ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

**П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов,  
Д.Л. Полушкин, В.П. Беляев**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор В.И. Леденев*

**Ключевые слова и фразы:** асфальтобетонные смеси; дорожные покрытия; модификация; нефтяные битумы; отходы полимерных материалов; полимер-битумное вяжущее.

**Аннотация:** Рассмотрена задача модификации нефтяных битумов с целью обеспечения заданных показателей качества получаемого в результате дорожного вяжущего. Приведены результаты решения поставленной задачи путем частичной замены дорогостоящих модификаторов отходами полимерных материалов.

Значительную долю твердых бытовых отходов составляют отходы полимерной тары и упаковки, которые, с одной стороны, являются ценным сырьем для вторичного использования, а с другой, – длительно разлагающимися материалами, существенно загрязняющими природную среду [1]. Традиционные технологии переработки таких отходов предусматривают их отмывку и сушку с целью вторичного использования. В России, занимающей огромную территорию со значительным количеством небольших населенных пунктов, из-за проблем доставки отходов полимеров из российской глубинки к местам их стационарной промышленной переработки вследствие значительных расстояний и сравнительно малых объемов отходов в отдельно взятом населенном пункте, не создается экономически оправданных условий реального сохранения природы России при использовании известных подходов.

---

Беляев Павел Серафимович – доктор технических наук, профессор кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство», проректор по учебно-инновационной деятельности; Маликов Олег Георгиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; Меркулов Сергей Александрович – аспирант кафедры «Переработка полимеров и упаковочное производство»; Полушкин Дмитрий Леонидович – кандидат технических наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Переработка полимеров и упаковочное производство», e-mail: polymers@asp.tstu.ru; Беляев Вадим Павлович – магистрант кафедры «Управление качеством и сертификация», ТамбГТУ, г. Тамбов.

С другой стороны, в России существуют серьезные проблемы с дорогами, вследствие значительных сезонных перепадов температуры, увеличения транспортной нагрузки, низкого и нестабильного качества применяемых вяжущих – нефтяных дорожных битумов. С каждым годом в связи с увеличением количества транспортных средств все более актуальной становится проблема разрушения дорожного покрытия. Низкие эксплуатационные характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве, приводят к тому, что уже на 3–4 год эксплуатации подавляющему количеству дорог в России требуется проведение капитального ремонта, тогда как за рубежом средний межремонтный срок службы составляет 10–13 лет. При соблюдении технологии укладки низкая долговечность дорожных покрытий обусловлена качественными показателями вяжущего, входящего в состав асфальтобетонных смесей. Поэтому с улучшением качества дорожного вяжущего можно рассчитывать на улучшение эксплуатационных показателей дорожных покрытий.

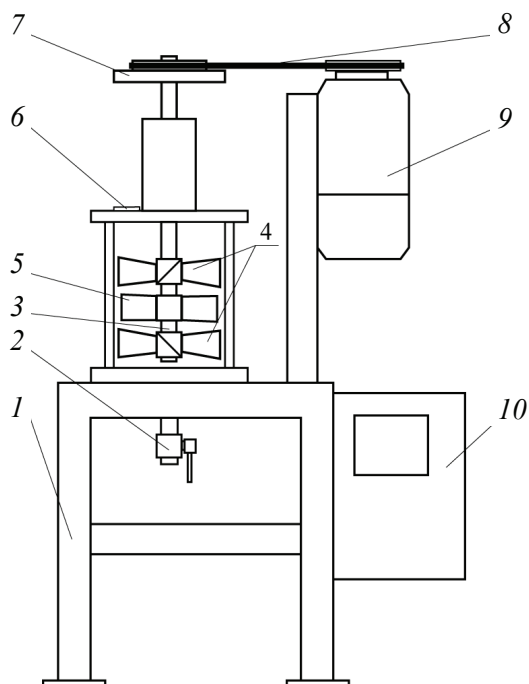
В качестве дорожного вяжущего используют нефтяные битумы. Они представляют собой дисперсные коллоидные системы сложного химического состава. В состав битумов входит три основные группы компонентов: асфальтены, смолы и высокомолекулярные углеводороды, которые, в свою очередь, состоят из 80–87 % углерода, 10–12 % водорода, 5–10 % кислорода, 2–5 % серы и до 3 % азота [2]. Битумы характеризуются определенными показателями качества: *пенетрацией* (глубиной проникания иглы в битум), *температурой размягчения* и *дуктильностью* (растяжимостью). Для улучшения этих показателей, а также для придания дорожному вяжущему специфического свойства – эластичности, которым битум в исходном состоянии не обладает, последний подвергают модификации путем введения в него сторонних высокомолекулярных соединений [3]. Модификация битума позволяет улучшить его адгезионные, прочностные и деформационные характеристики, что в свою очередь способствует и улучшению свойств дорожного покрытия. На сегодняшний момент существует достаточно широкий спектр материалов, которые могут быть использованы в роли модификаторов, но в основном применяются лишь некоторые виды высокомолекулярных соединений: эластомеры, термопласты и термоэластопласты (ТЭП). Недостатком применяемых модификаторов и технологий их введения является высокая стоимость получаемого в результате полимер-битумного вяжущего (ПБВ), которая практически в 2 раза превосходит цену исходного битума.

Целью исследования является частичная замена дорогостоящих модификаторов отходами полимерных материалов, которая позволяет не только улучшать эксплуатационные характеристики исходного нефтяного битума, но и решать проблему утилизации полимерных отходов, образующихся прежде всего в результате накопления используемой полимерной упаковки, а также обеспечивать снижение стоимости полимер-битумного вяжущего.

Исследования показали, что наиболее перспективно использование в качестве исходного битума марки БНД 90/130. Данная марка наряду с БНД 60/90 рекомендована для применения в качестве дорожного вяжущего

го во второй дорожно-климатической зоне, к которой относится Тамбовская область, но использование его ограничено, поскольку БНД 90/130 обладает более высокими показателями пенетрации и растяжимости по сравнению с маркой БНД 60/90. В процессе модификации необходимо было помимо придания полимер-битумному вяжущему требуемых свойств обеспечить вязкость получаемого связующего, характерную для битума марки БНД 60/90.

Для исследования процесса модификации битума была разработана лабораторная установка на базе лопастного смесителя периодического действия (рисунок). Процесс модификации дорожного битума осуществлялся при температуре 160 °С и скорости вращения перемешивающего устройства 800 об/мин по следующей схеме: дорожный битум марки БНД 90/130 разогревался до заданной температуры в термоскафу и выливался в рабочую камеру лопастного смесителя, предварительно разогретую до той же температуры, после чего в него добавляли составляющие модификатора. В верхней и нижней частях перемешивающего устройства находятся пропеллерные мешалки с противоположным наклоном рабочих лопастей, а в центральной части центробежные лопасти, позволяющие создавать интенсивные вертикальные и горизонтальные потоки материала в корпусе, что обеспечивает более высокое диспергирующее воздействие на материал. После осуществления процесса смешения битума с модификаторами, его пробы подвергались лабораторным испытаниям для оценки физико-механических показателей.



**Схема лопастного смесителя периодического действия:**

- 1 – рама; 2 – патрубок сливной; 3 – вал; 4 – мешалки пропеллерные;  
 5 – мешалки лопастные; 6 – отверстие загрузочное; 7 – шкивы;  
 8 – передача клиноременная; 9 – двигатель; 10 – шкаф управления

В качестве модифицирующей добавки, подлежащей частичной замене на отходы полимерных материалов, был выбран термоэластопласт ДСТ-30-01. Данный термоэластопласт достаточно долгое время применяется как модификатор битума и хорошо зарекомендовал себя в этой области [4]. Но при этом он значительно повышает цену получаемого в конечном итоге вяжущего.

В качестве заменителей используемого нами термоэластопласта применялись отходы полиэтилена, полученные при утилизации отходов тары и упаковки, отходы стрейч-пленки, а также их смесевые композиции.

Исследования показали: при модификации дорожного вяжущего БНД 90/130 термоэластопластом ДСТ-30-01 показатели пенетрации и дуктильности снижаются и принимают значения, оптимальные для битумов марки БНД 60/90, при этом наблюдается рост температуры размягчения и появление эластичности (табл. 1). Увеличение температуры размягчения дорожного вяжущего обеспечивает деформационную устойчивость дорожного покрытия летом при высокой температуре, в частности, уменьшает образование на дорожных покрытиях колеи в жаркие месяцы. Наличие такого показателя, как эластичность, обеспечивает, прежде всего, снижение температуры хрупкости дорожного вяжущего зимой, устойчивости к циклам замораживания-оттаивания весной и осенью. При введении отходов полиэтилена в исходный дорожный битум, с целью снижения стоимости получаемого модифицированного вяжущего, наблюдается увеличение такого важного показателя для дорожного вяжущего, как эластичность, но существенно падают показатели пенетрации и растяжимости по сравнению с вяжущим, модифицированным только ДСТ-30-01. Замена отходов полиэтилена на отходы стрейч-пленки позволяет повысить пенетрацию дорожного вяжущего при сохранении его температуры размягчения и эластичности. Вместе с тем при введении в битум высокомолекулярных соединений практически всегда ухудшается его адгезионная способность. Для того чтобы снизить это негативное воздействие в состав модификатора необходимо включать адгезионные присадки [4]. Для повышения сцепления вяжущего с минеральными материалами асфальтобетонных смесей мы использовали поверхностно-активную адгезионную добавку «Амдор-10».

В таблице 1 представлены физико-механические показатели исходных битумов БНД 60/90 и БНД 90/130, полимер-битумных вяжущих по ГОСТ Р 52056–2003 (**ПБВ 60**) и полученных нами в результате модификации различными материалами.

Проведенные исследования показали, что с увеличением содержания адгезионной присадки увеличивается вязкость модифицированного битума, что в дальнейшем способствует повышению внутреннего трения в асфальтобетоне и увеличению его прочности. Добавление присадки «Амдор-10» не приводит к появлению эластичности у битума, поэтому совместно с присадкой «Амдор-10» необходимо введение термоэластопласта ДСТ-30-01 и ПЭ, что придает вяжущему эластичность и увеличивает температуру размягчения, но при этом с увеличением концентрации присадки «Амдор-10» уменьшаются показатели пенетрации и растяжимости.

Результаты экспериментов показывают, что наиболее эффективным для создания дорожных вяжущих с требуемым комплексом свойств с уче-

Таблица 1

**Физико-механические показатели дорожных вяжущих**

Состав	Пенетрация, П25·0,1 мм	Растяжимость, мм	Температура размягчения, °С	Эластичность, %
Исходный битум марки БНД 60/90	60	550	47	–
Исходный битум марки БНД 90/130	114	765	46	–
Норма для вяжущего ПБВ 60	60	250	54	80
БНД 90/130 + ДСТ-30-01	111	740	55	61
БНД 90/130 + ПЭ	65	245	55	10
БНД 90/130+ДСТ-30-01+ПЭ	39	370	75	76
БНД 90/130 + отходы стрейч- пленки	80	245	55	8
БНД 90/130 + ДСТ-30-01 + отходы стрейч-пленки	44	620	78	85
БНД 90/130 + «Амдор-10»	82	750	48	–
БНД 90/130 + ДСТ-30-01 + ПЭ «Амдор-10»	66	790	72	83

том рассмотренных климатической зоны и условий эксплуатации автомобильных дорог региона является использование модификаторов на основе термоэластопласта типа ДСТ-30-01 с его частичной заменой более дешевыми полимерными отходами (отходы полиэтилена (ОПЭ) или стрейч-пленки) с добавлением поверхностно-активных адгезионных добавок (ПААД). Такое модифицированное дорожное вяжущее по своим физико-механическим показателям аналогично широко используемому в дорожном строительстве битуму БНД 60/90, но при этом обладает улучшенными показателями эластичности, растяжимости и температуры размягчения. Физико-механические свойства асфальтобетонных покрытий, приготовленных на основе модифицированного битума БНД 90/130, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Физико-механические свойства асфальтобетонных покрытий**

Показатели	Нормы для асфальтобетона (ГОСТ 9128–2009)	Состав асфальтобетона	
		На основе БНД 90/130	На основе БНД 90/130, модифицированного ТЭП, ОПЭ и ПААД
Водонасыщение, % от объема	Не более 0,5	0,42	0,43
Прочность при 20 °С, МПа	Не менее 2,5	2,52	3,62
Коэффициент водостойкости	Не менее 0,85	0,87	0,94

Испытания образцов покрытий на основе модифицированного битума показали увеличение прочности в 1,5 раза и увеличение коэффициента водостойкости. Все показатели находятся в нормах ГОСТ 9128–2009 для дорог второй климатической зоны. Таким образом, использование модифицированного битума на основе ДСТ-30-01, отходов полиэтилена и адгезионной присадки «Амдор-10», полученного в ходе исследований, улучшает свойства асфальтобетона, что в дальнейшем позволит повысить качество дорожного покрытия и увеличить его срок службы, способствуя уменьшению затрат на содержание и ремонт.

#### *Список литературы*

1. Другая жизнь упаковки / И.Н. Смиранный [и др.]. – Тамбов : Изд-во Першина Р.В., 2005. – 178 с.
2. Печеный, Б.Г. Битумы и битумные композиции / Б.Г. Печеный. — М. : Химия, 1990. – 256 с.
3. Руденская, И.М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И.М. Руденская, А. В. Руденский. – М. : Транспорт, 1984. – 229 с.
4. Калгин, Ю.И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов : монография / Ю.И. Калгин ; Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. – 272 с.

---

### **On the Complex Solution of Environment and Road Surface Quality Problems**

**P.S. Belyaev, O.G. Malikov, S.A. Merkulov,  
D.L. Polushkin, V.P. Belyaev**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** asphalt mixture; modification; oil bitumen; polymer-bitumen binder; road surfaces; waste of polymer materials.

**Abstract:** The paper studies the problem of bitumen modification in order to ensure the specified quality of the resulting road binder. The results of problem-solving by partial replacement of expensive modifiers with wastes of polymer materials have been presented.

---

© П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов,  
Д.Л. Полушкин, В.П. Беляев, 2012